

# 防災行政無線等の屋外スピーカーの 音達範囲向上等に関する検討報告書

令和7年3月

防災行政無線等の屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討会

## 目次

はじめに .....	3
第1部 検討の概要 .....	4
1. 検討の背景・目的 .....	4
2. 検討項目 .....	9
3. 検討体制 .....	10
4. 検討の開催状況 .....	11
第2部 屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討について .....	12
第1章 実証実験について .....	12
1. 実証実験の概要 .....	12
2. 実証実験の詳細 .....	50
第2章 屋外スピーカーの機能強化（音達範囲向上等）について .....	199
1. 音達範囲向上等に有効な手法 .....	199
2. 音達範囲向上等に有効な手法の詳細について .....	199
3. 机上検討及び無響室実験を踏まえた補足 .....	205
4. コスト等を踏まえた導入について .....	207
第3章 今後の課題 .....	213
1. 実証実験で明らかになった課題 .....	213
2. その他の検討すべき課題 .....	217

## はじめに

災害の発災前後を通じて、市町村から住民に対して避難指示等の防災情報を確実に伝達することは、極めて重要です。そのため、各市町村では、地域の実情等を踏まえ、防災行政無線をはじめとする災害情報伝達手段の整備を進めているところです。

防災行政無線等は、PUSH 型の一斉同報手段であり、スマートフォン等を持たない住民へも情報を伝達することができるなどの特長を持つことから、消防庁においては災害時の主たる情報伝達手段と位置付けています。

一方で、防災行政無線等の屋外スピーカーからの放送は、広域をカバーするために多数の設備が必要となることや、気象条件等によっては聞き取りにくい場合があるなど、全国の自治体で整備を推進する上で様々な課題が存在します。

このような状況を踏まえ、音達範囲や音源などの改良によって、災害情報を一つの屋外スピーカーでより広域かつ明瞭に伝達できるようにし、防災行政無線等の更なる整備促進を図ることを目的に、令和6年9月から、「防災行政無線等の屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討会」を開催しました。

本検討においては、屋外スピーカーによる放送をより広域かつ明瞭に改善できると見込まれる技術について、神奈川県松田町において実証実験を実施し、得られた技術的知見を整理の上、本報告書に屋外スピーカーの機能強化の手法としてとりまとめました。

市町村においては、災害情報伝達手段の整備に当たり、今回の検討で得られた知見を参考にしていただけますと幸いです。

他方、消防庁においては、市町村における迅速かつ確実な災害情報伝達体制の構築に向けて、更なる検討を期待します。

本報告書を取りまとめるに当たり、御多忙にもかかわらず、本検討会に積極的に御参加いただき、貴重な御意見及び多大なる御尽力を賜りました委員・オブザーバーの皆様、ならびに実証実験にご協力頂きました松田町の皆様に厚く御礼申し上げます。

令和7年3月

防災行政無線等の屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討会  
座長 中村 功

## 第1部 検討の概要

### 1. 検討の背景・目的

#### 1.1. 検討の背景

##### (ア) 市町村の災害情報伝達に係る災害対策基本法等における位置づけ

市町村における住民への防災情報の伝達の責務等については、法令等により規定されている。

具体的には、災害対策基本法第 56 条において、市町村長は、災害に関する予報又は警報等を住民等に伝達しなければならないこととされている。

#### 災害対策基本法（昭和 36 年法律第 223 号） （抄）

（市町村長の警報の伝達及び警告）

**第 56 条** 市町村長は、法令の規定により災害に関する予報若しくは警報の通知を受けたとき、自ら災害に関する予報若しくは警報を知つたとき、法令の規定により自ら災害に関する警報をしたとき、又は前条の通知を受けたときは、地域防災計画の定めるところにより、当該予報若しくは警報又は通知に係る事項を関係機関及び住民その他関係のある公私の団体に伝達しなければならない。この場合において、必要があると認めるときは、市町村長は、住民その他関係のある公私の団体に対し、予想される災害の事態及びこれに対してとるべき避難のための立退きの準備その他の措置について、必要な通知又は警告をすることができる。

（第 2 項 省略）

防災基本計画においては、市町村は、市町村防災行政無線（戸別受信機を含む。）の整備等に努めることとされている。

#### 防災基本計画（令和4年6月17日中央防災会議決定）

第2編 各災害に共通する対策編、第1章 災害予防、第6節 迅速かつ円滑な災害応急対策、災害復旧・復興への備え

(7) 被災者等への的確な情報伝達活動

市町村（都道府県）は、市町村防災行政無線（戸別受信機を含む。）の整備や、IP通信網、ケーブルテレビ網等の活用を図り、災害情報を被災者等へ速やかに伝達する手段の確保に努めるものとする。

第3編 地震災害対策編、第2章 災害応急対策、第1節 災害発生直前の対策

市町村は、住民への緊急地震速報等の伝達に当たっては、市町村防災行政無線を始めとした効果的かつ確実な伝達手段を複合的に活用し、対象地域の住民への迅速かつ的確な伝達に努めるものとする。

※その他、第4編（津波災害対策編）、第5編（風水害対策編）、第6編（火山災害対策編）、（第7編（雪害対策編））においても、市町村の住民等への防災情報の伝達に係る規定がある。

また、武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律第47条においても、市町村長は、サイレン、防災行政無線その他の手段を活用し、住民等に伝達するよう努めることとされている。

#### 武力攻撃事態等における国民の保護のための措置に関する法律

（平成16年法律第112号） （抄）

（市町村長による警報の伝達等）

**第47条** 市町村長は、前条の規定による通知を受けたときは、その国民の保護に関する計画で定めるところにより、直ちに、その内容を、住民及び関係のある公私の団体に伝達するとともに、当該市町村の他の執行機関その他の関係機関に通知しなければならない。

2 前項の場合において、市町村長は、サイレン、防災行政無線その他の手段を活用し、できる限り速やかに、同項の通知の内容を住民及び関係のある公私の団体に伝達するよう努めなければならない。

（第3項 省略）

(イ) 防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策

「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」（令和2年12月11日閣議決定）における「住民等への情報伝達手段の多重化・多様化対策」として、防災行政無線等の整備や戸別受信機の導入促進、放送波を用いた情報伝達手段等の新技術の検討等により、情報伝達手段の多重化・多様化を推進している。

政府の方針として、令和7年度末までに防災行政無線等が全ての市町村で整備されることを目標としている。

41	<b>住民等への情報伝達手段の多重化・多様化対策</b>	<b>国土強靱化</b> <small>NATIONAL RESILIENCE</small>
<p><b>概要</b> 要：防災行政無線等の整備や戸別受信機の導入促進、放送波を用いた情報伝達手段等の新技術の検討等により、情報伝達手段の多重化・多様化を推進する。 府省庁名：総務省</p>		
<p><b>本対策による達成目標</b></p> <p>◆<b>中長期の目標</b> 災害情報手段のアドバイザー派遣や技術的ガイドラインの作成、各種会議での周知等により、市町村における災害情報伝達手段の整備を促進する。 防災行政無線等の災害情報伝達手段の整備率(対象1,741団体) 現状：86.6%(平成31年3月) 中長期の目標：100% 本対策による達成年次の前倒し 令和25年度以降 → 令和7年度</p>		
<b>目標</b>		
<p>◆<b>5年後(令和7年度)の状況</b> 防災行政無線等の災害情報伝達手段の整備率 達成目標：100% 防災行政無線等の災害情報伝達手段の未整備団体全てにアドバイザーを派遣し、各市町村において地域の実情に応じた災害情報伝達手段の検討・整備及び戸別受信機等の配備が進められ、防災行政無線等の災害情報伝達手段の整備率が100%を達成。</p>		
<p>◆<b>実施主体</b> 地方公共団体(市区町村)</p>		
<p style="text-align: right;">&lt;災害情報伝達手段の多重化・多様化&gt;</p>		
「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」（令和2年12月11日閣議決定） 各対策毎の概要より抜粋		

図1 防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策（抜粋）

## (ウ) 防災行政無線等の整備促進

防災行政無線等は、迅速かつ確実に災害情報の伝達を行うために、以下の要件を満たすとしており、その整備が求められている。

### 【主たる災害情報伝達手段に必要な要件】

- ① PUSH 型であること
- ② 一斉に同報するものであること
- ③ 情報機器等を持たない住民へ伝達できるものであること
- ④ 市町村が伝えるべき防災情報を制約なく伝達できること  
(住民に必要な各種情報を伝えられるものであること)
- ⑤ 発災前後を通じて、継続して使用できる耐災害性を有していること



図 2 災害情報伝達イメージ

表 1 主たる災害情報伝達手段

情報伝達手段の例		自 営 網	商 用 網	整備済 自治体数	備考 ※自治体数については、令和 6 年 3 月 31 日時点
防災行政無線等(主たる災害情報伝達手段)	① 市町村防災行政無線(同報系)	○	—	1,327 (76.2%)	・市町村庁舎と地域住民とを結ぶ無線網により、地域住民に一斉伝達可能。
	② MCA陸上移動通信システムを活用した同報系システム	—	○	95 (5.5%)	・タクシー会社や運送会社等の民間企業等が利用する無線網を活用。 ・2029年(令和11年)5月31日をもってデジタルMCAシステムの通信サービスが終了することから、導入市町村においては他の手段の活用に係る検討に着手が必要である。
	③ 市町村デジタル移動通信システムを活用した同報系システム	○	—	45 (2.6%)	・市町村が設置した基地局と車両等に設置した移動局等を同報利用するもの。
	④ FM放送を活用した同報系システム	—	○	153 (8.8%)	・既存のFMラジオ局を活用。 ・屋内受信機は平常時にラジオとして活用可能。
	⑤ 280MHz帯電気通信業務用ページャーを活用した同報系システム	—	○	71 (4.1%)	・無線呼出し(ポケットベル)の技術を利用した情報伝達手段。
	⑥ 地上デジタル放送波を活用した情報伝達システム	—	○	1 (0.05%)	・既存のテレビ放送網を活用。 ・屋内受信機の設置にあたっては、テレビ端子に接続するためアンテナ工事が不要
	⑦ 携帯電話網を活用した情報伝達システム	—	○	73 (4.2%)	・携帯電話網を活用。 ・屋外スピーカー、屋内受信機への情報伝達に加え、住民所有のスマートフォンにアプリとの連携も可能。
	⑧ ケーブルテレビ網を活用した情報伝達システム	—	○	33 (1.9%)	・既存のケーブルテレビネットワークを活用。 ・テレビ画面でテロップ等の文字情報を伝達可能。
	⑨ IP告知システム	—	○	203 (11.7%)	・光ケーブル等を使用したIPネットワークを活用。

令和6年3月31日現在、全市町村（1,741 団体）のうち 1,673 団体（96.1%）が防災行政無線等を整備済みで、68 団体が未整備となっている。

また、防災行政無線等を整備している 1,673 団体のうち 1,592 団体が屋外スピーカーを活用している。（全国の市町村のうち 91.4%）

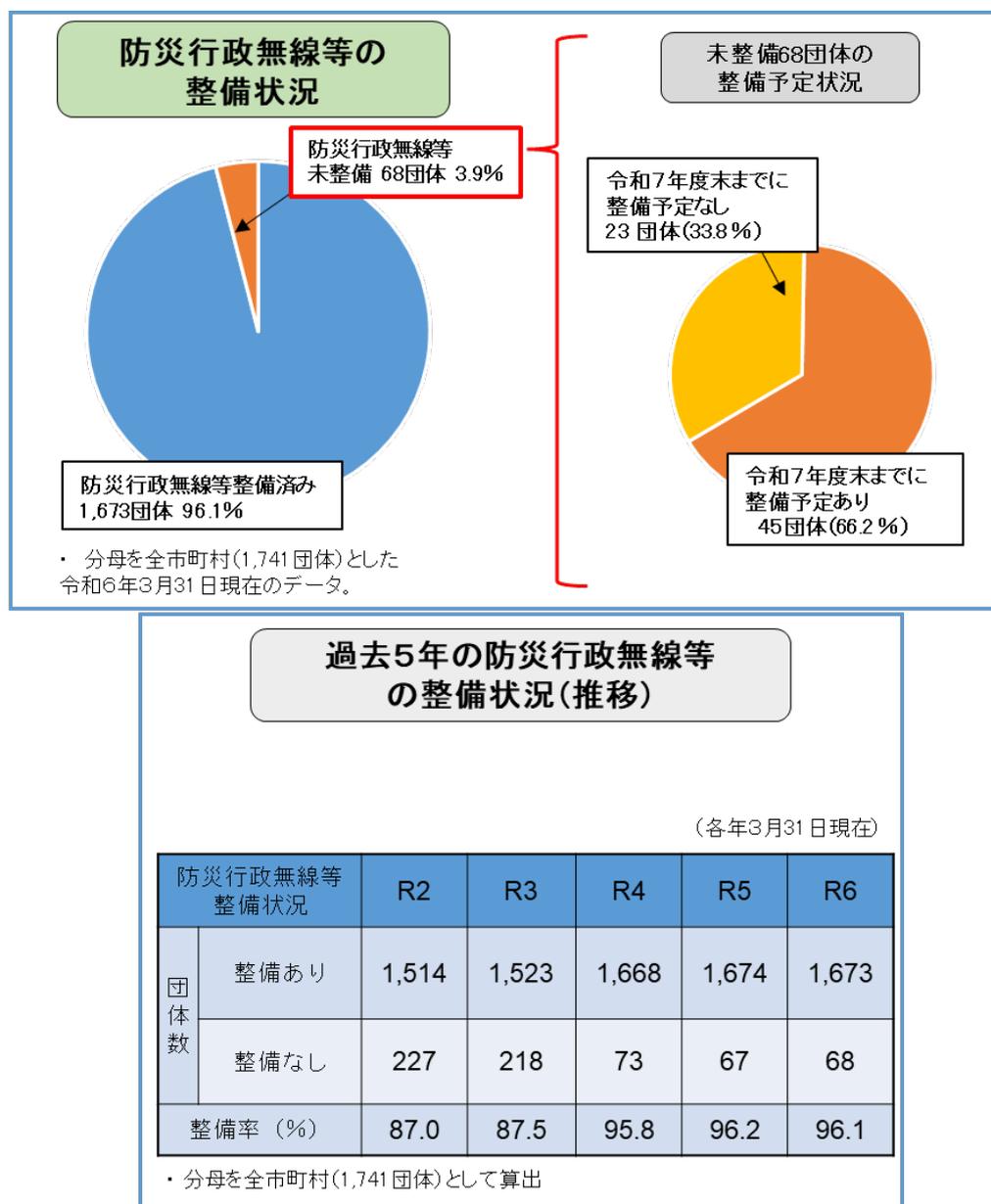


図 3 防災行政無線等の整備状況

「地域における災害情報の入手手段の調査結果（R5年度消防庁実施）」では、災害発生時、住民の約6割が防災行政無線の屋外スピーカーから情報を入手すると回答しており、重要な災害情報伝達手段となっている。

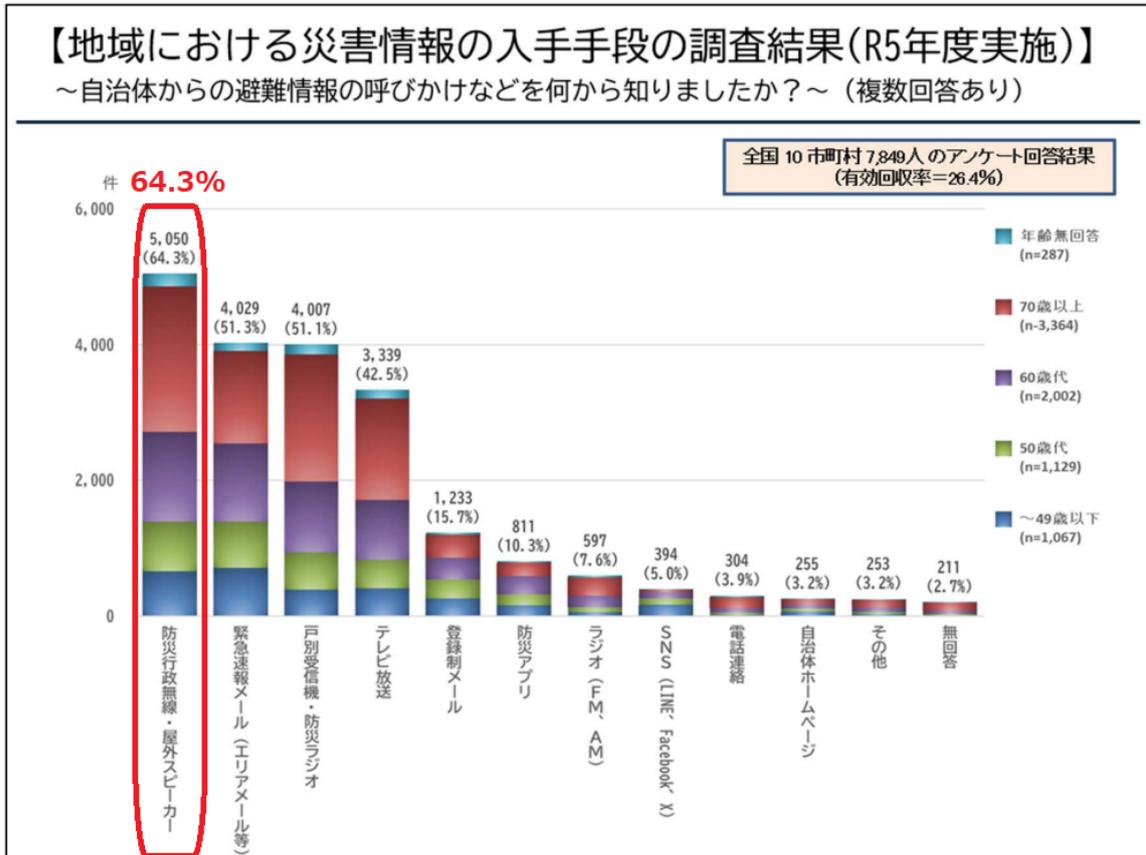


図 4 地域における災害情報の入手手段の調査結果 (R5年度消防庁実施)

## 1.2. 検討の目的

防災行政無線等は、PUSH 型の一斉同報手段であり、スマートフォン等を持たない住民へも情報を伝達することができるなどの特長を持つことから、災害時の主たる情報伝達手段として、その整備を推進している。

一方で、防災行政無線等の屋外スピーカーからの放送は、広域をカバーするために多数の設備が必要となることや、気象条件等によっては聞き取りにくい場合があるなど、全国の自治体で整備を推進する上で様々な課題が存在する。

このような状況を踏まえ、屋外スピーカーや音源などの改良によって、災害情報を一つの屋外スピーカーでより広域かつ明瞭に伝達できるようにし、防災行政無線等の更なる整備促進を図ることを目的とする。

## 2. 検討項目

検討会においては、次の事項について調査検討を行った。

- (1) 屋外スピーカーの音達範囲や適切な配置に係る事項
- (2) 音源の改善に係る事項

### 3. 検討体制

#### 3.1. 名称

上記「2. 検討項目」の内容を検討するため、「防災行政無線等の屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討会」を立ち上げた。

#### 3.2. 構成及び運営

本検討会の構成員は、表 2 のとおりである。

表 2 防災行政無線等の屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討会委員等

(敬称略)

座長	中村 功	東洋大学 社会学部 教授
副座長	佐藤 逸人	神戸大学 大学院工学研究科 建築学専攻 准教授

(以下、五十音順)

委員	赤沢 勝義	NEC ネットズエスアイ株式会社 サービスソリューション事業部 無線技術担当部長
委員	大高 利夫	災害情報伝達手段に関する自治体系アドバイザー
委員	小笠原 奈保美	群馬県立女子大学 国際コミュニケーション学部 教授
委員	神谷 美保	NTT アドバンステクノロジー株式会社 アプリケーション・ビジネス本部 DXビジネス部門 スマートコミュニティ担当
委員	後藤 武志	一般社団法人危機管理教育研究所 上席研究員

<オブザーバー>

福川 優治	総務省 通信基盤局 電波部 基幹・衛星移動通信課 重要無線室 課長補佐
八重樫 一仁	一般社団法人 電波産業会 固定通信グループ 担当部長
神奈川県足柄上郡松田町 (実証実験ご協力自治体)	
株式会社富士通ゼネラル (実証実験事業者)	

#### 4. 検討の開催状況

検討会は令和6年9月2日から令和7年2月28日までの間の4回、下記日程で開催した。

表 3 検討会開催概要

検討会	開催日	議題
第1回	令和6年9月2日	<ul style="list-style-type: none"><li>・開催要綱について</li><li>・検討会の体制</li><li>・スケジュールについて</li><li>・実証実験の計画について</li></ul>
第2回	令和6年9月30日	<ul style="list-style-type: none"><li>・実証実験計画修正版の検討</li><li>・第1回検討会で頂戴したご意見について</li></ul>
第3回	令和7年2月3日	<ul style="list-style-type: none"><li>・実証実験結果の報告</li><li>・検討会報告書骨子（案）の検討</li></ul>
第4回	令和7年2月28日	<ul style="list-style-type: none"><li>・検討会報告書の検討</li></ul>

## 第2部 屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討について

### 第1章 実証実験について

#### 1. 実証実験の概要

##### 1.1. 用語について

本報告書で使用する用語解説を表 4 に示す。

表 4 用語解説

用語	用語意味
音達（距離）	屋外スピーカーからの音声等が、どの程度の範囲まで届くか。
明瞭度	「あ」や「か」など無意味な単音や音節を用いた放送について、聴取者が聞き取れた割合。
了解度	意味のある単語や文章を用いた放送について、聴取者が聞き取れた割合。 明瞭度が高くなるほど了解度も良くなるが、単語や文章中に聞き取れない音節があってもある程度推定できるため、明瞭度が多少低下しても了解度は変わらない。
SII	Speech Intelligibility Index (SII) : 音声の了解度を示す指数。 SII は 0 から 1 までの値をとり大きくなるほど了解度は高い。 (SII<0.45 で Poor、SII>0.75 で Good) マスキング効果（同じ周波数の音が重なると、一方の音が聞こえにくくなる現象）や話者の発話強度の影響など聴覚心理学上の特性を考慮に入れたもので、了解度を測る手段としてよく用いられる。
STI	Speech Transmission Index (STI) : 音の残響や雑音による音声波形の変化を表す指数。音声波形の包絡線が受信位置でどれだけ保存されているかを表し、建物の音響設計・評価や通信での評価などによく用いられる。STI は 0 から 1 までの値をとり大きくなるほど明瞭度は高い。具体的な算出方法は異なるが、マスキング効果を考慮し算出するという考え方は SII と同じであり、STI と SII の相関は高い。ただし、STI が 0.7 以上になると SII の値が変化しにくくなるという報告がある。

Swept-Sine	室内音響測定等で良く用いられる試験信号で、ある時間内に連続的に周波数を変化させたもの。(今回の実験では約 3.5 秒間かけて約 400Hz~7kHz に周波数を変化させた)
音声コーデック	アナログの音声をデジタル化して、聴感上影響のない範囲でデータを削減・圧縮し、データ量を減らすことで、保存メモリの容量削減や、低ビットレートでの音声データ伝送が可能となる。 音声データを圧縮 (CODE)、伸長 (DECODE) する処理を音声コーデック (CODEC) と呼ぶ。 一般的に元音源に対して音質は劣化し、ARIB STD-T115 で規定される防災無線で使用しているコーデック【AMBE-WB+】は高域が減衰する。詳細は P203 に記載。
暗騒音	暗騒音(Background Noise)とは、計測対象の音以外から発せられる全ての騒音のことである。 例えば、放送音声に対して、豪雨騒音は計測対象外の騒音であるため暗騒音という。
従来型 スピーカー	一般的に防災行政無線で使用されているトランペット型のスピーカーで、ストレートホーンやレフレックスホーンがある。 スピーカーからの音が球面状 (水平・垂直の両方向) に広がるため、音のエネルギーが拡散し、遠くまで届きにくい。
高性能 スピーカー	本報告書では、ラインアレイスピーカーのことを指し、複数のメーカーから商品が提供されている。 小さなスピーカーユニットを縦に一直線に積み重ねて配列したスピーカーで、スピーカーからの音が円筒状 (水平方向) に広がることで、音のエネルギーを水平方向に集中させ、遠くまで届けることが出来る。詳細は P17 に記載。
音合強調	操作卓等からの放送で用いられる音声合成音 (コンピュータを用いてテキストから人工的に生成された声) に対して、聴取者の了解度向上に貢献する音声の周波数域 (1kHz~4kHz) を強調する改善施策のことを、本報告書では音合強調と呼ぶ。詳細は P22 に記載。
子局強調	子局内部で放送音声に対して、聴取者の了解度向上に貢献する音声の周波数域 (1kHz~4kHz) を強調する改善施策のことを、本報告書では子局強調と呼ぶ。詳細は P22 に記載。

## 1.2. 実証実験の目的

防災行政無線の屋外スピーカーからの放送は、気象条件や地形、建物内外等の環境により聞こえにくい場合があり、整備促進を図るためにも屋外スピーカーの音達向上が求められる。特に、防災行政無線においては、音の明瞭度より「何を言っているか」が分かる「了解度」が重要である。

そこで、了解度を測る手段としてよく用いられている物理評価指標の「SII【Speech Intelligibility Index】（各周波数の暗騒音・残響音・聴覚器官を考慮した貢献度の総和）を用いて、各種環境条件下での SII 改善施策を検討する。また、検討した各種改善施策について、実際に聴感評価を実施し、真に拡声放送の音達を改善させる施策を検討する。

## 1.3. 実証実験実施内容検討

### 1.3.1. 実施条件検討

実験の実施にあたっては、主に下記の「音達影響要因」について検証を行った。

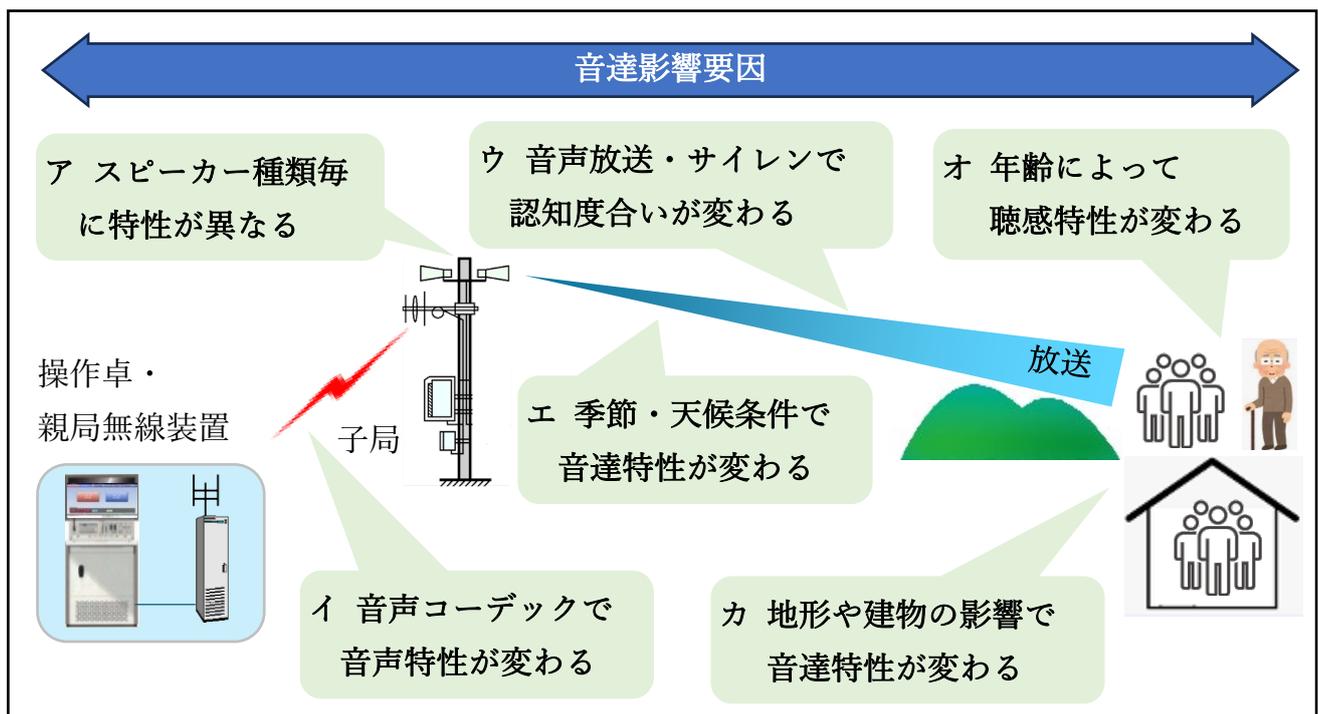


図 5 音達影響要因イメージ

各要因の詳細は表 5 に示す。

表 5 音達影響要因

音達影響要因		
ア	スピーカー種類影響	従来型スピーカー（ストレートホーン等）と高性能スピーカー（ラインアレイ）で音圧や周波数特性等の仕様が異なり、音達・了解度に影響する。 スピーカー種の違いや、各スピーカーに改善施策を適用した場合の効果について確認する。
イ	音声コーデック影響	音声コーデックによるデータ圧縮で、高周波成分の減衰などが発生し、了解度に影響する。 これを補うことで、了解度が改善するかを確認する。
ウ	音声放送・サイレンの違い	放送の内容について理解できなくても、気づきを与えるだけでも防災放送としては効果があり、「電子サイレン」が音声放送に比べて認識しやすいか否かを確認する。
エ	季節・天候条件	温度・湿度・雨量・風速により、音達は大きく影響を受ける。 今回の実験においては、これらのうち、季節（温度・湿度）と豪雨騒音の影響について、無響室でのシミュレーションで検証することによりスピーカー種や改善施策の効果を確認する。
オ	年齢条件	年齢が高くなると徐々に小さな音や高い周波数の音が聞こえにくくなる。 今回の実験では 70 代前半の高齢者に参加いただき、成人との違いを確認する。
カ	地形・建物影響	地形や建物、室内か室外かで、音達は大きく影響を受ける。 今回の実験では、街中や山間部において音達に対する影響を確認する。また室内での試験も実施し、屋外との違いや改善施策の効果を確認する。

また、上記の内容に加えて、検討会において下記の意見があり、表 6 のとおり実施内容に反映した。

表 6 検討会での意見と追加した実施内容

実施内容に取り入れた検討会ご意見		
1	話者の違い	現場では、男性の声の方が好まれる事例があった。机上論議と現場意見とで差異がある。
		⇒話者として、音声合成の男性、女性を用いて、了解度の違いを確認する。
2	波音の影響	海岸線は非常に音が伝わりにくく、考慮してほしい。
		⇒無響室試験での暗騒音に、豪雨だけでなく波音も追加し確認する。
3	スピーカーについて	複数メーカーのスピーカーで検証をお願いしたい。
		⇒スピーカーメーカー2社から異なるスピーカーをお借りし、確認を行う。
4	複数スピーカーの影響	1か所に複数のスピーカーが設置されていることを考慮し、複数スピーカーで干渉等の相互影響の確認が必要ではないか。
		⇒1か所に2つのスピーカーが取り付けられた場合の影響について、山間住宅地（寄自然休養村）における実験で確認を行う。
5	聴感評価方法について	放送する文章が同じである場合、1回目よりも2回目の方が聞いている人の脳による補正があるため、聴取者はより聞こえやすく感じる。単純に改善無しの放送→改善有りの放送の2回、同じ文章を放送して聞き取るだけでは、改善施策の効果を正確に測れないのではないか。
		⇒放送する文章は、実験説明会や実験説明資料で評価者に事前に把握していただき、決められた文章の内容をどれくらい聞き取れたかという観点での評価を実施する。

### 1.3.2. 改善施策

屋外スピーカーの数を増やさずに広範囲に音を届ける施策として、「高性能なスピーカーを導入する」「放送音声の周波数特性を聞こえやすいように強調する」という施策が考えられる。今回の実証実験では、上記の施策についてその効果を検証する。

#### 1.3.2.1. 高性能スピーカー

従来型スピーカー（ストレートホーン、レフレックスホーン等）に比べ、小型ホーンスピーカーを縦に並べたラインアレイ型の高性能スピーカーは、広範囲に音を均一に届けることができるという特徴がある。

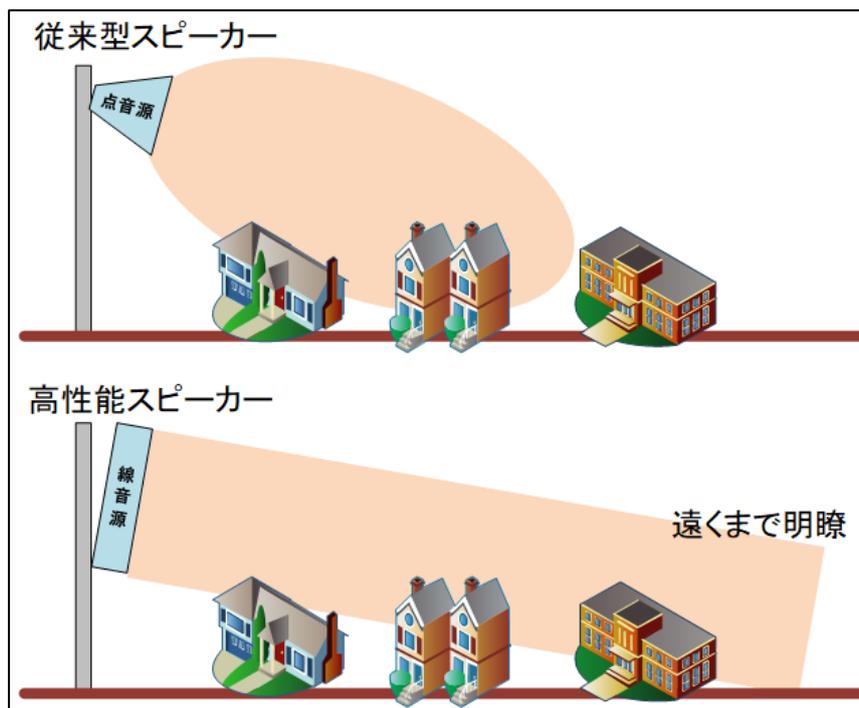


図 6 従来型スピーカーと高性能スピーカーの音達イメージ

従来型スピーカーの例	
ストレートホーンスピーカー	レフレックスホーンスピーカー
	

図 7 従来型スピーカーの例

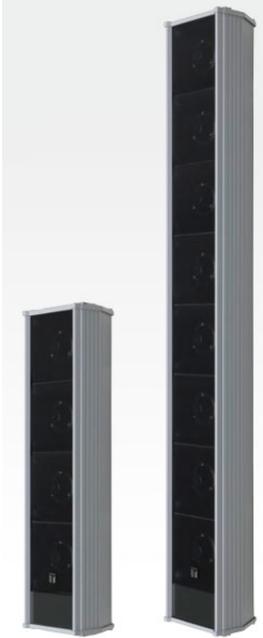
高性能スピーカーの例	
ラインアレイ A スピーカー	ラインアレイ B スピーカー
	
ラインアレイ C スピーカー	ラインアレイ D スピーカー
	

図 8 高性能スピーカーの例

従来型スピーカーは「点音源」と呼ばれ、音が球面状（垂直・水平の両方向）に広がるのに対し、ラインアレイ型の高性能スピーカーは「線音源」と呼ばれ、音が円筒状（水平方向のみ）に広がる。

高性能スピーカーは音の垂直方向への拡散を減らし、水平方向に音のエネルギーを集中させることで、音達を改善する。

具体的には、「点音源」（従来型スピーカー）の場合、距離が2倍になると音の拡がりも垂直・水平方向とも2倍となり面積は4倍になる。そのため単位面積当たりの音のエネルギーは4分の1に減衰する。

一方、「線音源」（高性能スピーカー）の場合は、距離が2倍になっても、音の拡がりも水平方向のみ2倍となり面積は2倍になる。単位面積当たりの音のエネルギーは2分の1しか減衰しないため、より遠くまで音を届けることができる。

（※ただし、高性能スピーカーであってもスピーカーの高さ方向の寸法は有限であるため、距離が離れるに従って線音源としての働きは弱くなり、点音源と同様の減衰になる。）

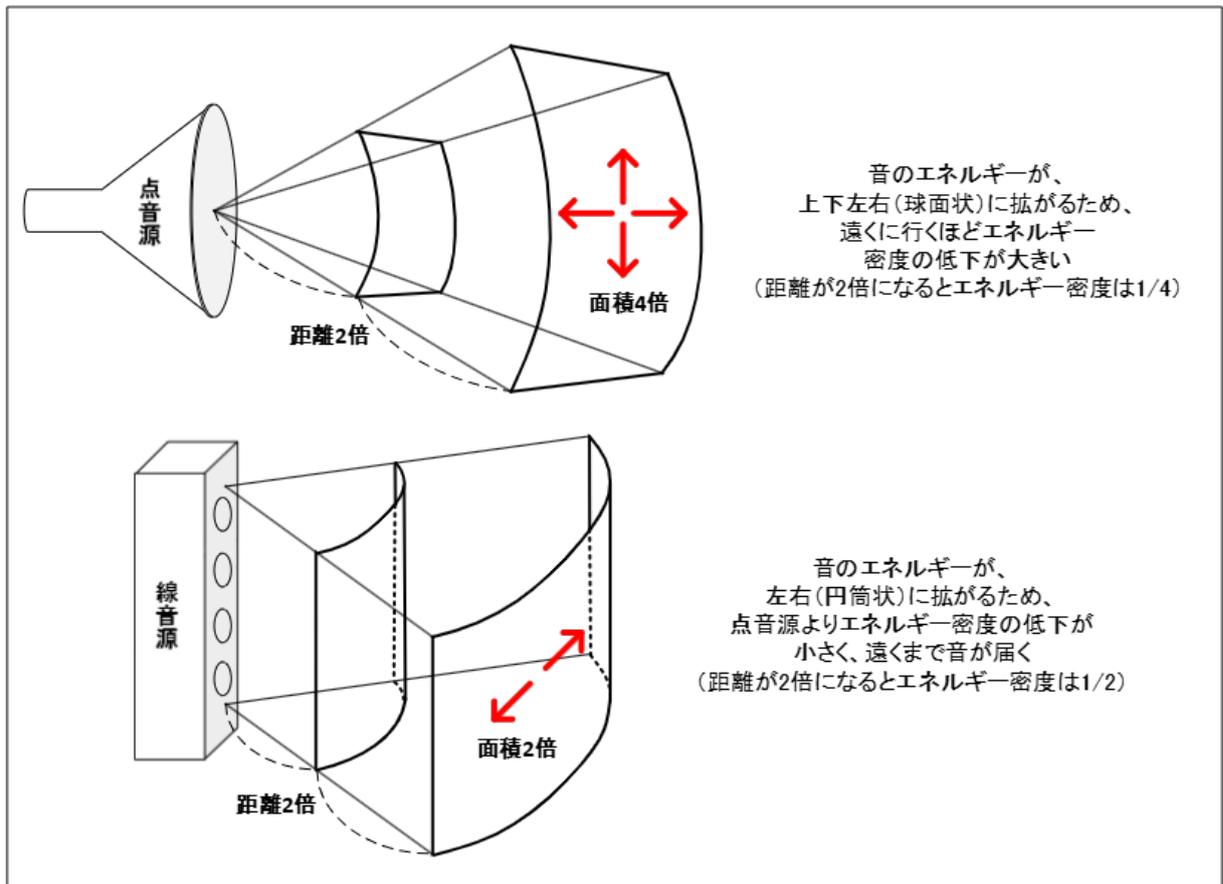


図 9 点音源、線音源の拡がりイメージ

### 1.3.2.2. 周波数強調

屋外スピーカーによる放送をより遠くに届けるために、単純にスピーカーの音量を上げた場合、音声アンプやスピーカーに対して過大入力となり、音声が歪むため逆に聞き取りにくくなる。また、音声アンプやスピーカーの故障や寿命低下の原因となる場合がある。

上記問題を回避し、広範囲に音を届ける施策として、「周波数強調」がある。

具体的には、「ANSI/ASA S3.5-1997 Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index」の「Table 4」に記載されている「Band Importance (SII 算出で用いる音声の周波数バンド毎の貢献度)」が高い周波数域 (1kHz~4kHz) を強調することで、SII (了解度) の改善を図る。

図 10 に貢献度のグラフを示す。2kHz 付近をピークに、1kHz~4kHz の周波数域が SII への貢献度が高いことが分かる。

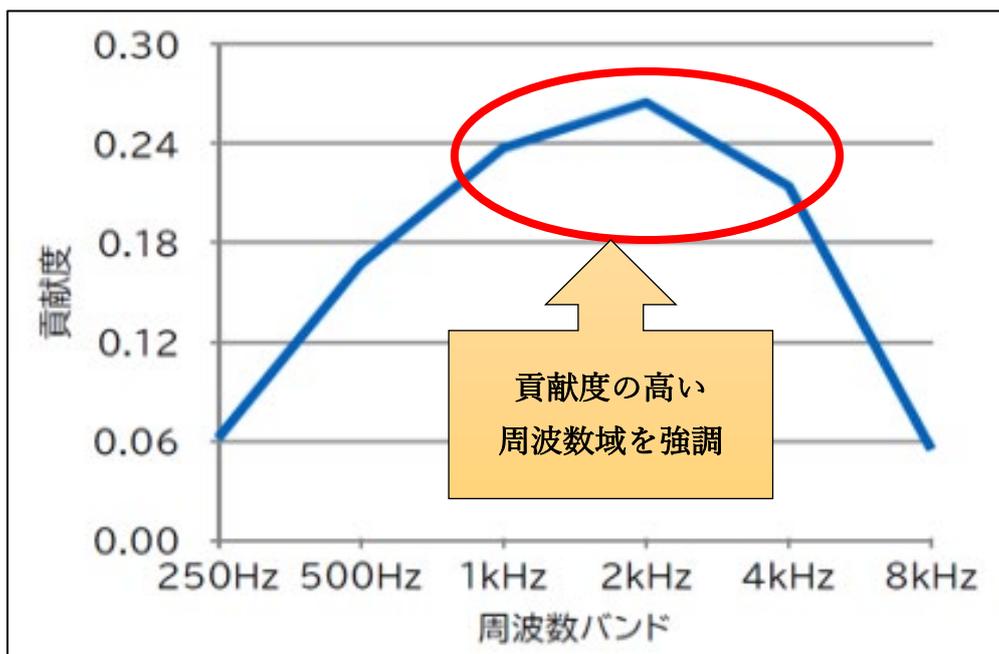


図 10 周波数バンドと SII への貢献度の関係

「か」・「さ」・「た」・「は」行の子音は無声子音と呼ばれ、2kHz~4kHz という高い周波数域で振幅(音の大きさ)が小さい音だが、音声の聞き取りやすさに大きく貢献する。しかし、高い周波数の音は空気吸収で大きく減衰するため、スピーカーから離れると無声子音は小さくなり了解度が低下する一因となる。上記の周波数強調を適用することで全体の音量を大きく上げることなく、無声子音が強調され、聴取点での了解度改善が見込まれる。

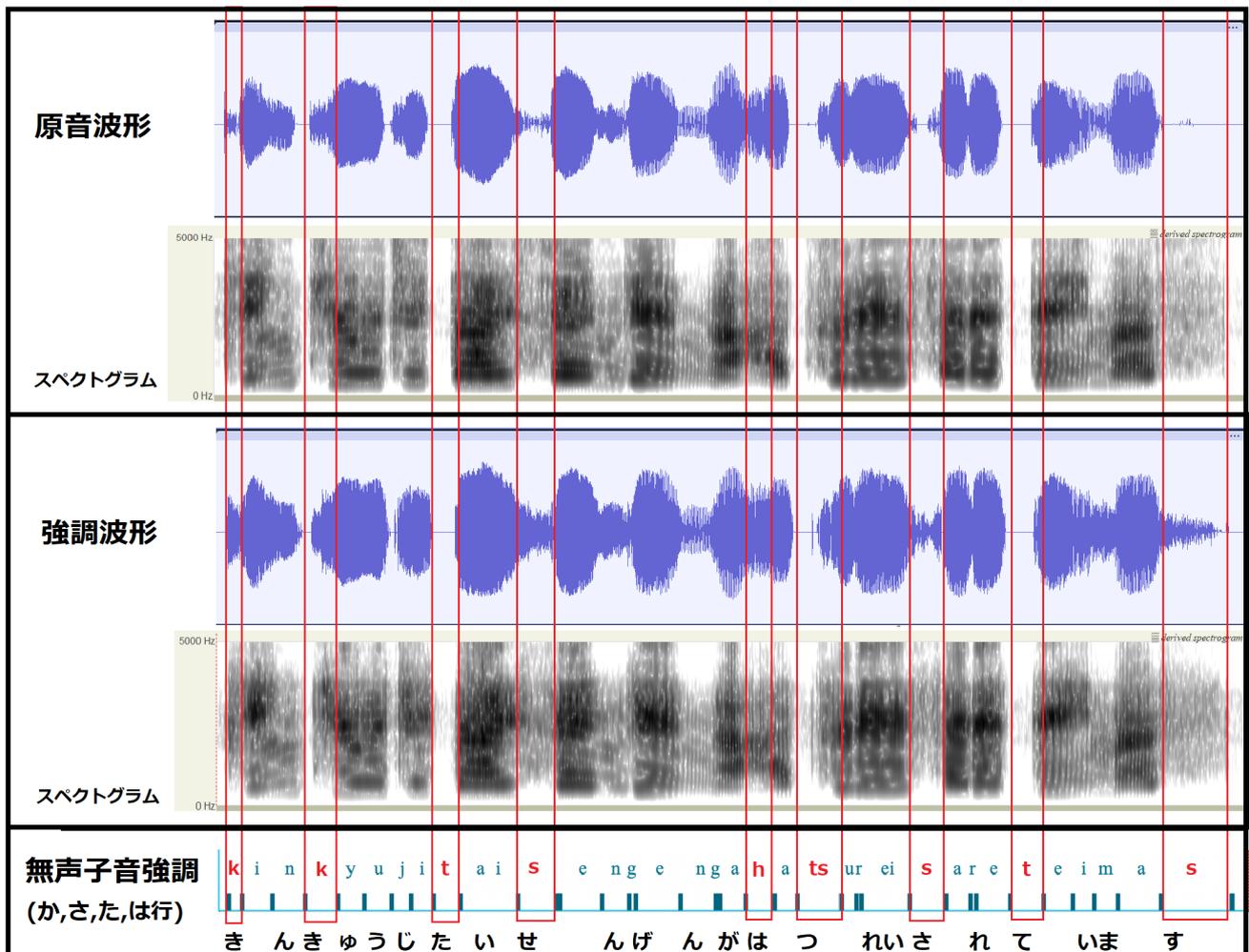


図 11 無声音強調イメージ

### 1.3.2.3. 音合強調と子局強調

SII を改善するための周波数強調を操作卓側の音声合成に適用（音合強調）すると、了解度が明確に改善する。しかし、防災行政無線は無線区間の音声コーデック（AMR-WB+等）の影響で、高域周波数が若干減衰し、了解度の劣化要因となる。そこで子局設備側でも周波数強調を適用（子局強調）し、両方に強調（子局/音合強調）を加えることで、より高い了解度改善が見込まれる。

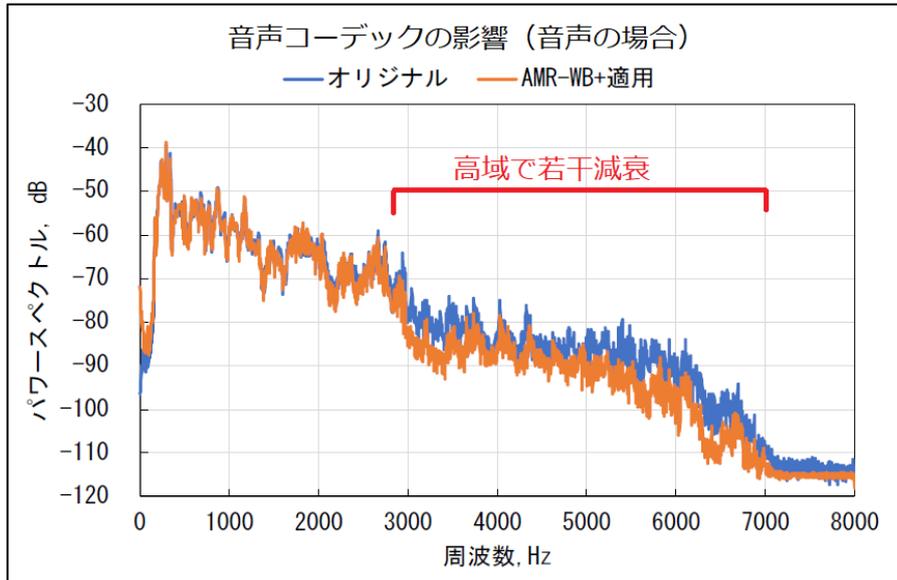


図 12 音声コーデックによる高域減衰の例

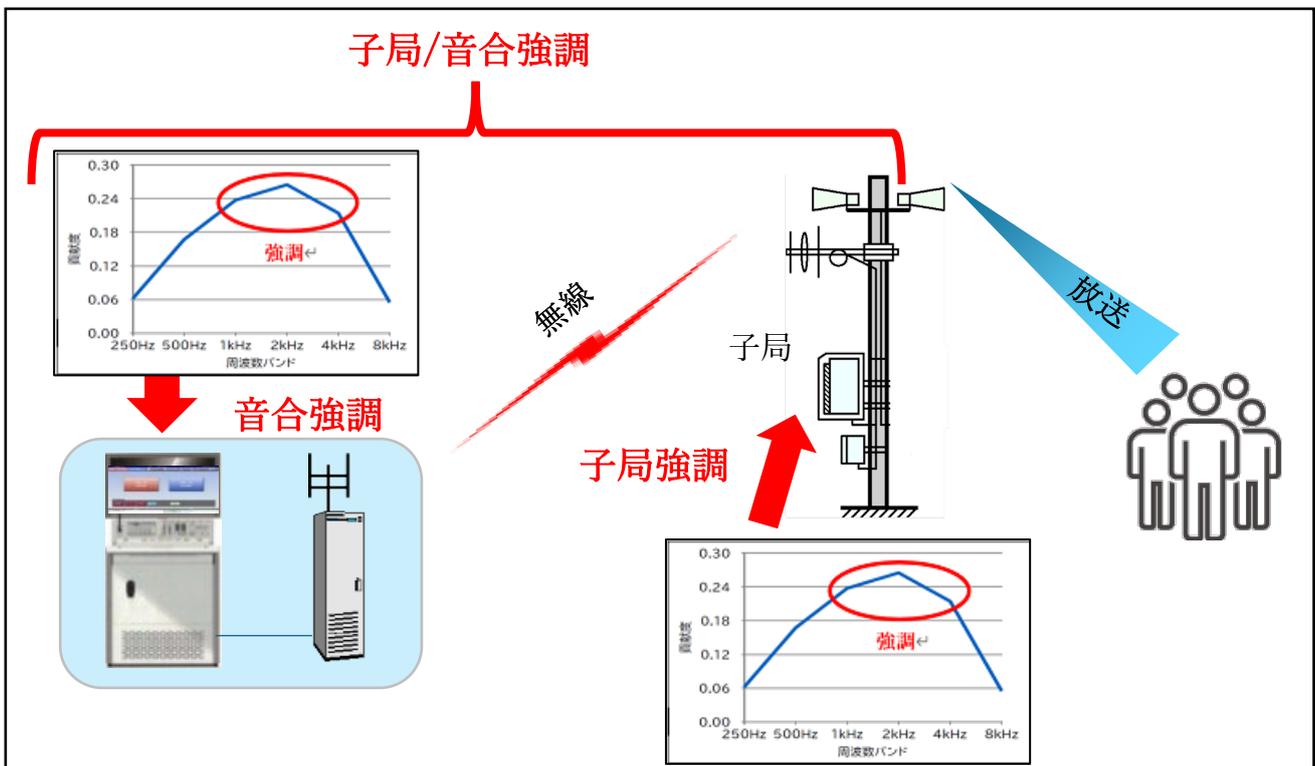


図 13 音合強調、子局強調、子局/音合強調のイメージ

#### 1.4. 検証する項目と実験等の対応

上記までの内容、検討会における意見を踏まえ、今回検証すべき項目を整理するとともに、実証実験の各回や机上検討との対応を表 7 のとおり整理した。

表 7 検証項目と実験等の対応

		検証項目	第一回 無響室 実験	第二回 事前 実験	第三回 本実験	机上 検討	今後の 課題
事前検証		Swept-Sine信号による SII算出（改善効果予測）	—	○	—	—	—
音 達 改 善	元音源改善	男女の差（聞こえやすい音とは）	○	—	○	—	—
		標準音声合成と音合強調の比較	○	—	○	—	—
		サイレンによる気づき	—	—	○	—	—
		放送に適した文言や話速	—	—	—	—	○
	子局音声改善	子局強調の有無による比較	○	—	○	—	—
音達バルーン	各種改善の 音達バルーンへの影響	—	—	—	○	—	
各 種 条 件	可聴場所	環境影響（雨・波）	○	—	—	—	—
		環境影響（風）	—	—	—	—	○
		一般住宅地域	—	○	○	—	—
		山間地域	—	○	○	—	—
		屋内	—	○	○	—	—
		エコーの影響	—	○	○	—	—
		複数子局干渉	—	—	—	—	○
	聴取者	20代～60代	○	○	○	—	—
		70代	—	—	○	—	—
	スピーカー種	スピーカー種による 音達・了解度差異	○	—	○	—	—
		複数スピーカーの相互影響	—	—	○	—	—
	気象条件	季節（温度・湿度等）による 適切な音声強調	—	—	—	○	—
	サイレン種	サイレンと モーターサイレンの比較	—	—	—	—	○

## 1.5. 各実証実験の概要

第一回～第三回の実証実験及び机上検討の概要を示す。

### 1.5.1. 第一回実証実験概要

表 8 第一回実証実験概要

第一回実証実験	
目的	暗騒音下での各種改善施策やスピーカー種の違いによる了解度比較
実施日	2024年10月24～25日
場所	無響室(UNIPEX社)
評価者	12名 (UNIPEX: 4名、FG: 8名)
実験概要	<p>無響室で放送用スピーカー（3種）から放送文言を放送し、暗騒音スピーカーから豪雨音・波の音の暗騒音を鳴らし、暗騒音下での聴感評価を行う。放送スピーカーから聴取者までの距離は350mを想定し、音声レベルを調整し、シミュレーション試験を実施した。</p> <p>【放送用スピーカー】レフレックスホーン、ラインアレイ（A、B）            【暗騒音】通常（50dB）、豪雨（65dB、70dB、75dB）、波（60dB、70dB）            【環境条件】夏、冬 【放送話者】男性、女性            【音声改善】改善無し、音合強調、子局/音合強調            【評価方法】5段階評価（了解度、自然さ、聞き取りにくさ）</p>
実験結果	<p><b>①豪雨下での了解度改善</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型スピーカー（レフレックスホーン）と高性能スピーカー（ラインアレイA、ラインアレイB）の両方で、豪雨騒音下での音声改善施策（音合強調、子局/音合強調）の効果が確認できた。</li> <li>・操作卓側の音合強調だけでも改善効果はあるが、子局/音合強調の方が、より高い改善効果が得られた。</li> <li>・高性能スピーカーは、従来型スピーカーより高い了解度が得られた。</li> <li>・高性能スピーカーと改善施策を組み合わせると、了解度は更に改善し、非常に効果的である。</li> </ul> <p><b>②季節（夏・冬）、話者（女性、男性）の影響</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・夏に比べて冬の方が、了解度が低下する傾向が見られ、暗騒音レベルが高い場合に顕著に表れた。</li> <li>・男性話者より女性話者の方が、了解度が高い傾向が見られ、暗騒音レベルが高い場合に、その傾向はより顕著に表れた。</li> <li>・季節や話者の影響があっても、改善施策は全ての場合で了解度向上に効果があった。</li> </ul>

### ①豪雨下での了解度改善

暗騒音環境下での各種改善施策による了解度改善結果を以下に示す。

一般的な騒音を再現するため、「ゴー（飛行機の機内のエンジン音）」というブラウニアノイズをもちいた。この騒音の大きさは50dBとし、静かな事務所程度の騒音レベルである。

豪雨は65dB、70dB、75dBで確認した。騒音の程度としては、60dBが普通の会話、70dBが騒々しい事務所、80dBが地下鉄車内の音で、70dBを超えるとうるさいと感じられる騒音となる。

70dBを超える豪雨騒音下では、通常の騒音に比べ了解度が大幅に低下するが、従来型スピーカーに比べ高性能スピーカーは高い了解度が得られ、音合強調や子局/音合強調を加えると、更に了解度が改善した。

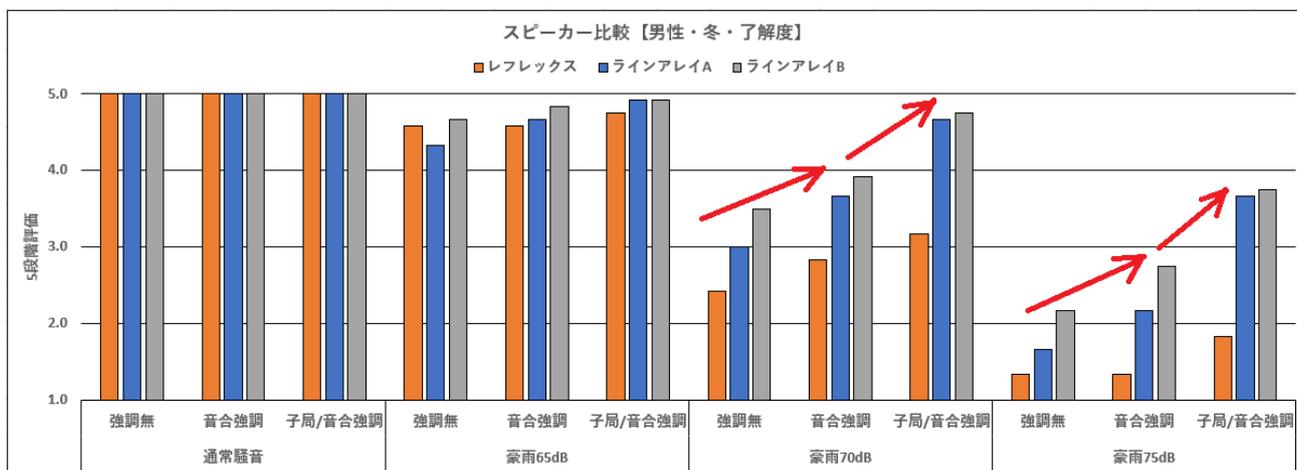


図 14 豪雨下（冬）での了解度改善

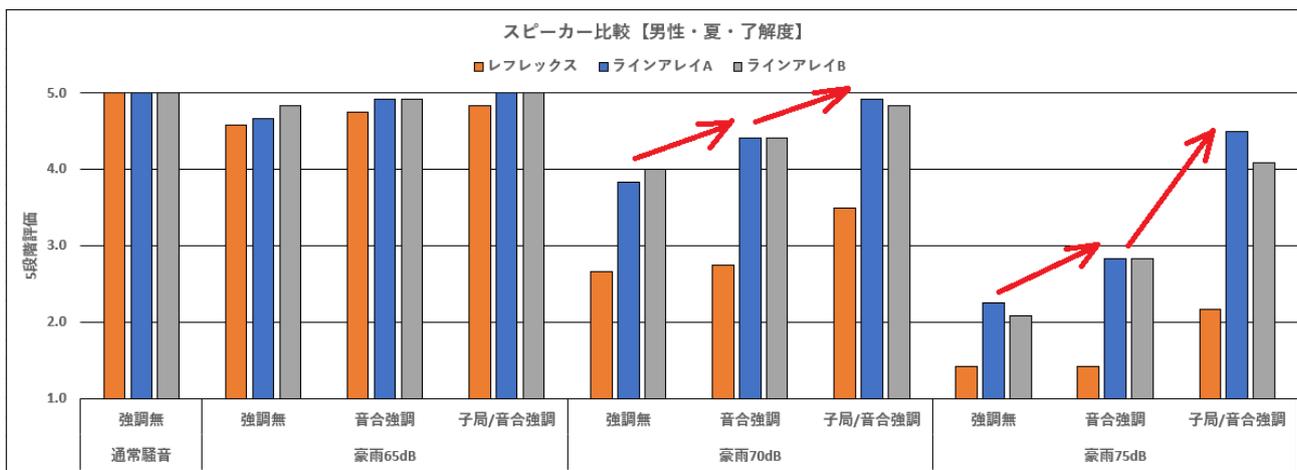


図 15 豪雨下（夏）での了解度改善

## ②季節（夏・冬）、話者（女性、男性）の影響

従来型スピーカー、高性能スピーカー共に、男性話者は女性話者に比べて、暗騒音下での了解度が低い結果となったが、高性能スピーカーを用いると、従来型スピーカーに比べ、男性話者でも高い了解度が得られた。

周波数強調による改善施策に関しては、従来型スピーカー、高性能スピーカー、男性話者、女性話者のすべての条件に対して、暗騒音下で了解度が改善した。

スピーカーの種類によらず、暗騒音のレベルが小さい場合は、男性話者、女性話者の違いは見られなかった。

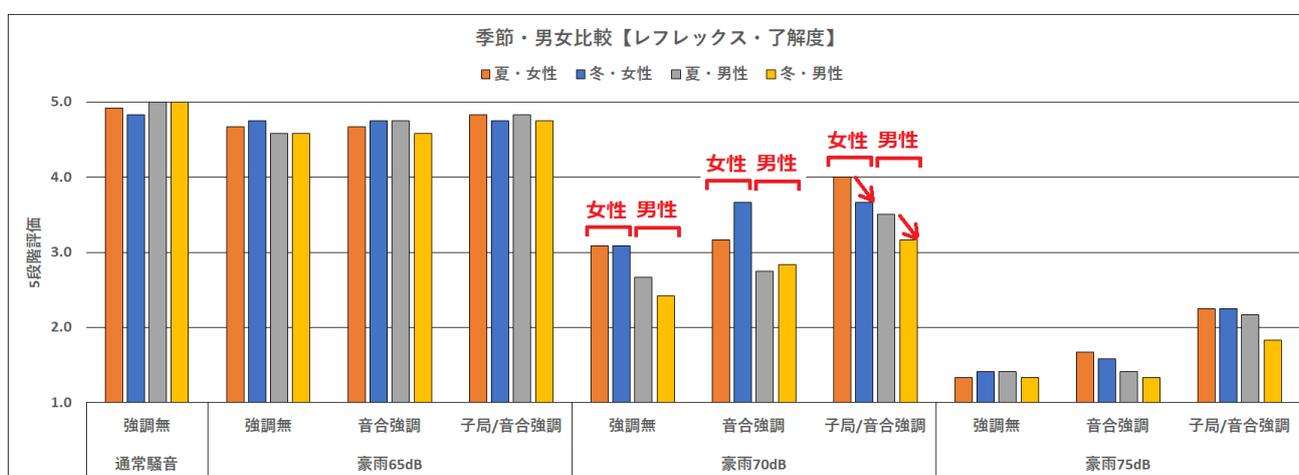


図 16 季節・男女比較【了解度、レフレックス】

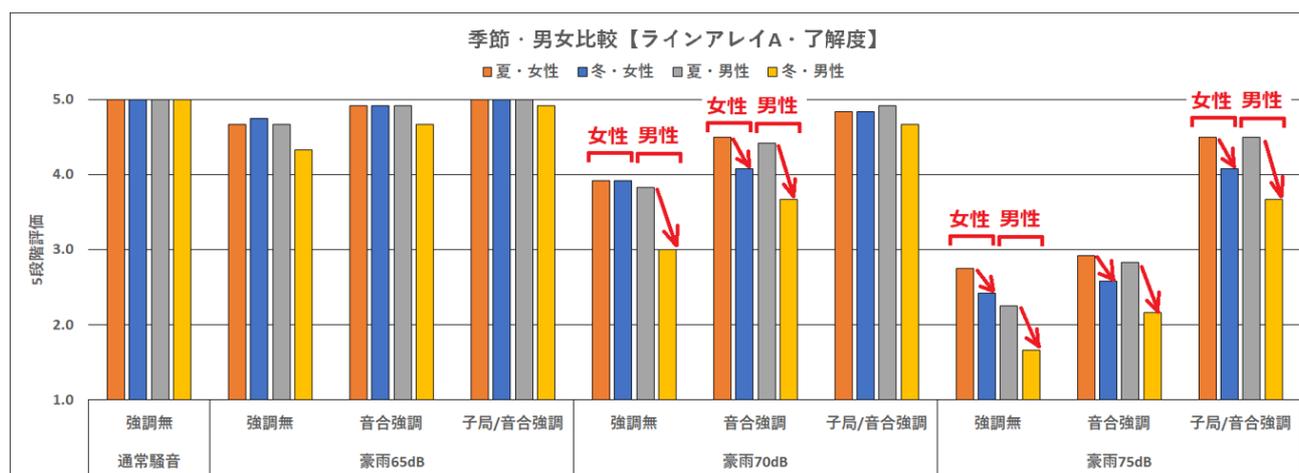


図 17 季節・男女比較【了解度、ラインアレイ A】

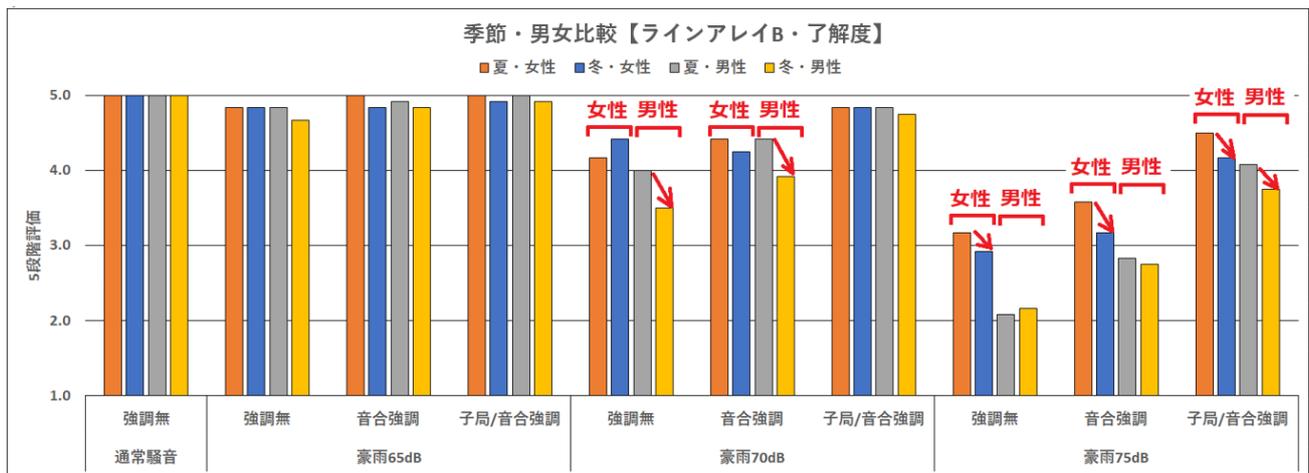


図 18 季節・男女比較【了解度、ラインアレイ B】

### 1.5.2. 第二回実証実験概要

表 9 第二回実証実験概要

第二回実証実験	
目的	第三回実証実験の実施場所の音場測定と、聴感評価の事前確認
実施日	2024年11月7日
場所	神奈川県足柄上郡松田町
評価者	8名（FG：8名）
実験概要	<p>Swept-Sineによる音場測定を行い、SIIを算出し、第三回実証実験のための効果の事前確認を行う。併せて評価場所選定も兼ねて、少人数ではあるが、実際に評価者が放送を聞くことによる、事前の聴感評価も実施する。</p> <p>【放送用スピーカー】ストレートホーン、ラインアレイ A、ラインアレイ B</p> <p>【放送話者】女性（Swept-Sine 放送パート以外の部分）</p> <p>【音声改善】改善無し、音合強調、子局/音合強調</p> <p>【評価方法】5段階評価（了解度、自然さ、聞き取りにくさ、音量）</p> <p>【実証場所】松田町創生推進拠点施設（以下、「スプラポ」と言う。）          稲郷町有地          寄自然休養村</p>
実験結果	<p><b>①既設操作卓の音合改善</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>既設操作卓に導入が容易な音合強調の改善施策を施し、実際の屋外子局で評価実施。遠方や屋内では了解度が改善した。</li> </ul> <p><b>②SIIを計算し了解度改善を確認</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Swept-Sine及び放送音声からSIIを算出し、各種音声改善施策の効果を事前確認できた。導入が容易な音合強調だけでも改善が見込めるが、子局/音合強調を行うと更に改善が見込めることが分かった。</li> <li>SIIと了解度に相関があった。SIIの測定計算で了解度の改善が定量的に検討できる。</li> </ul>

### ①既設操作卓の音合改善

スピーカーから 400m離れた地点、及び 266m離れた屋内において、既設操作卓での音合強調による了解度の改善が確認できた。500m地点は交通量が多い道路に面しており、交通騒音の影響で聞き取りが出来なかった。(第三回実験では 500m 測定地点を変更)

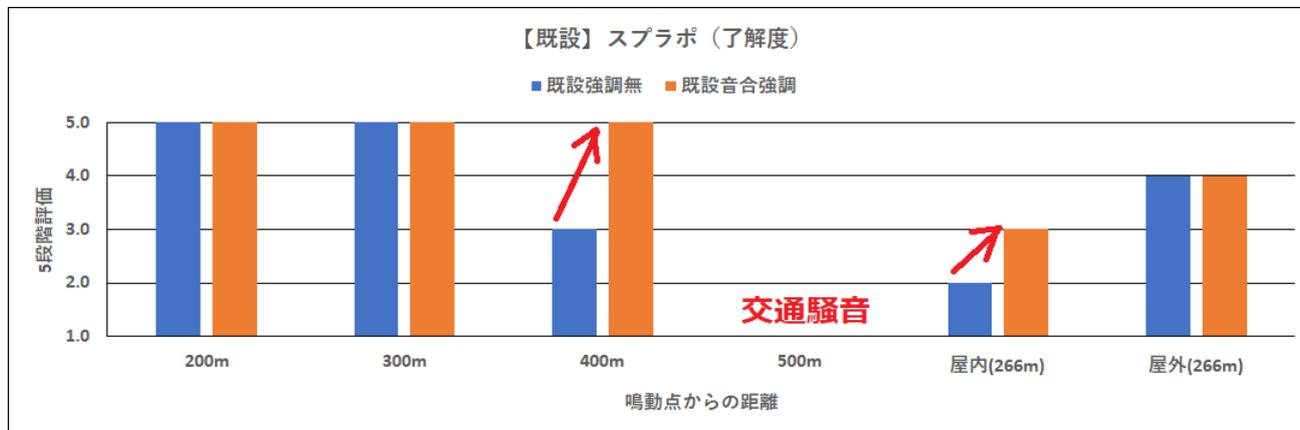


図 19 既設操作卓での音合改善【了解度、スプラボ】

### ②SII を計算し了解度改善を確認

第三回実験の実施予定場所で、高所作業車でスピーカーを高所に上げて放送し、Swept-Sine の録音と放送音声の録音を行った。録音したデータから、それぞれ SII を計算し、各種改善施策の効果（SII が改善すること）を事前に確認した。

音合強調を適用するといずれも SII が改善した。放送録音では、音合/子局強調も適用し、音合強調のみの適用より更に SII が改善することが確認できた。

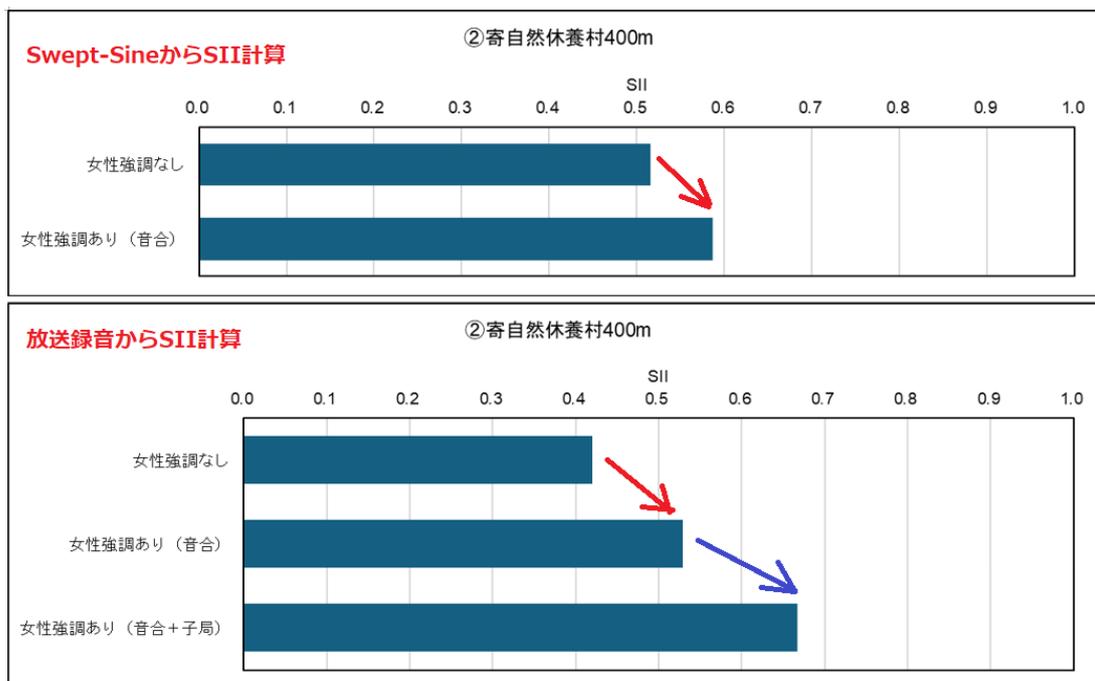


図 20 Swept-Sine 及び放送音声から音声改善施策適用後の SII 算出

併せて、少人数であるが、第三回実験に向けて事前に聴感評価を行った。

聴感評価での了解度と SII の計算結果をグラフに纏めると図 21 のように、SII が低いと了解度も低く、SII が改善するにつれて了解度も改善するという相関がみられ、想定通りの結果が得られた。

また、SII が 0.4~0.5 になると、了解度はほぼ 5.0（最良）に達することが分かった。

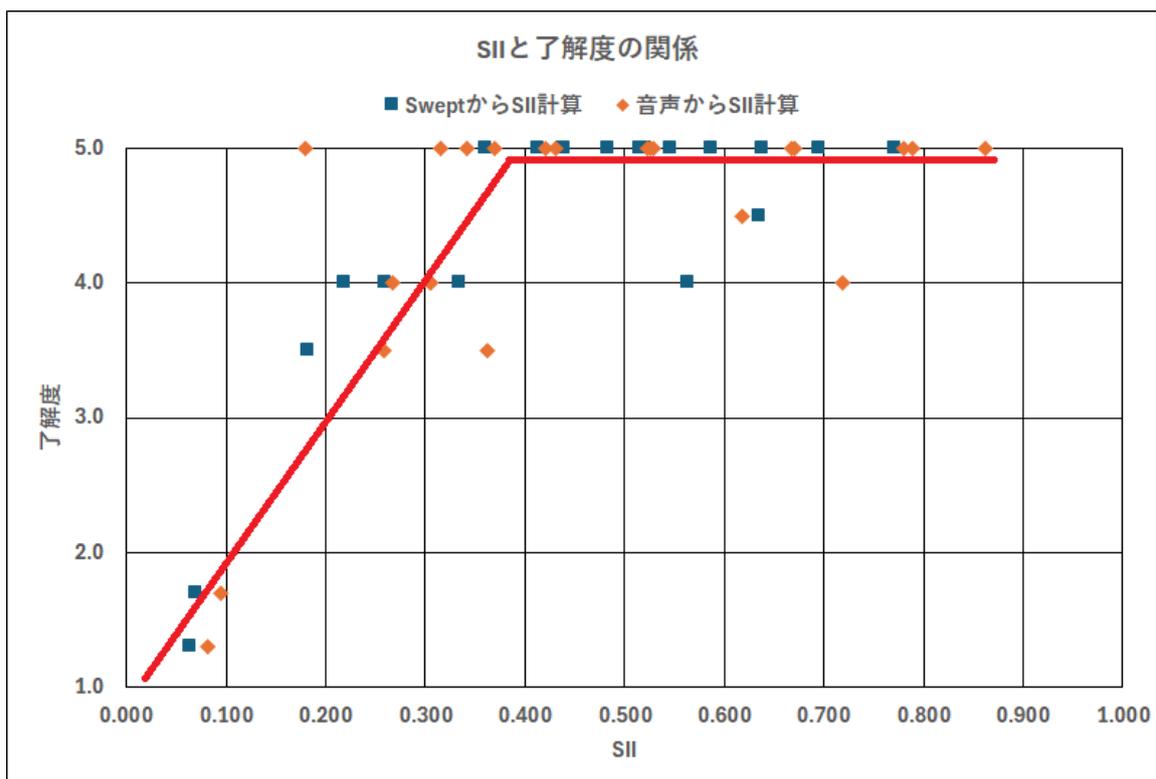


図 21 SII と了解度の関係

### 1.5.3. 第三回実証実験概要

表 10 第三回実証実験概要

第三回実証実験	
目的	各種改善施策やスピーカー種の違い等の影響を 評価者による聴感評価で確認
実施日	2024年12月5日（スプラポ） 12月6日（稲郷町有地、寄自然休養村）
場所	神奈川県足柄上郡松田町
評価者	56名（消防庁：3名、検討委員：4名、UNIPEX：8名、TOA：4名 エアアイ：4名、学生：3名、高齢者：9名、FG：21名）
実験概要	<p>3箇所の実験実施。複数箇所に評価者を配置し、音声改善施策やスピーカーの組合せ等の影響について、聴感評価を行う。</p> <p>【スピーカー】ストレートホーン、ラインアレイ A、ラインアレイ B、 ラインアレイ C</p> <p>【放送話者】男性、女性、電子サイレン音</p> <p>【音声改善】改善無し、音合強調、子局/音合強調</p> <p>【スピーカー方向】1方向 2方向（寄自然休養村のみ）</p> <p>【評価場所】屋外（街中、山間部、山間住宅部）、屋内</p> <p>【聴取者】成人（20～60代）、高齢者（70代）</p> <p>【評価方法】5段階評価（了解度、自然さ、聞き取りにくさ、音量）</p> <p>【実証場所】スプラポ 稲郷町有地 寄自然休養村</p>
実験結果	<p><b>①各種スピーカーに対する音声改善施策の効果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型スピーカー及び、高性能スピーカーの両方で改善施策により了解度が改善する。</li> <li>・改善施策を適用すると近距離（～300m）では自然さが劣化する。</li> <li>・音量レベルは大きく変わらないが、聴感上の音の大きさは改善する。</li> </ul> <p><b>②スピーカー種の違い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型スピーカーより、高性能スピーカーの方が良好な了解度が得られた。</li> </ul> <p><b>③話者（合成音声）の男女比較</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・話者は女性の方が、男性より了解度が高いことが分かった。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改善施策は男性・女性両方の話者に効果があった。</li> </ul> <p><b>④成人と高齢者比較</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・300～400mまではあまり差が無かったが、遠距離や室内など音量が低くなる状況では、高齢者は急激に了解度が低下することが分かった。</li> </ul> <p><b>⑤放送とサイレンの比較</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・放送（男性話者）に比べ、サイレン音の方が大きく聞こえた。</li> </ul> <p><b>⑥SII と了解度の関係</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・放送音声録音データから SII を算出。改善施策によって SII も改善した。また、了解度との関連性も確認できた。</li> </ul>
--	---

**①各種スピーカーに対する音声改善施策の効果**

改善施策による改善効果は、卓側の「音合」に周波数強調を加える「音合強調」と、その音合に子局側でも周波数強調を加える「子局/音合強調」で了解度を確認した。

200m 以内の近距離では改善施策の有無による差が無いが、300m 以上離れると各種改善の効果が見られる。音合強調だけでも了解度の改善は見られ、子局/音合強調を適用することで更に改善する。

スプラポの 500m の評価地点は、遠距離であり、かつ前方（スピーカー方向）に遮蔽物となる住宅が密集している影響で了解度が低かったと想定される（600m 地点は開けた公園だった）が、そのような環境であっても改善施策が有効であることが確認できた。

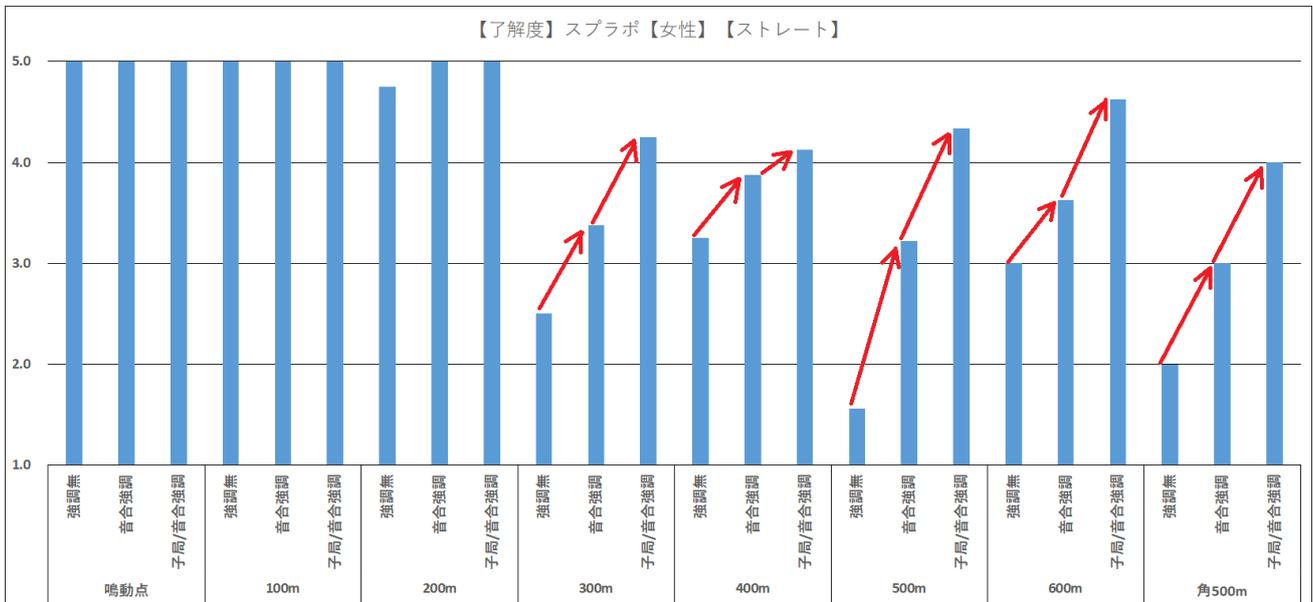


図 22 了解度【スプラポ、話者女性、ストレートホーン】

なお、第三回実証実験では、実際の市町村で試験放送することから、「放送回数の制限」、「測定地点の制限（1地点当たりの人数制限）」等があり、かつ、スピーカーからの距離による影響を確認するために複数の地点で評価する必要があった。評価者総数は56名動員したが、各測定地点に4名～8名を割り振って評価を実施した。

3か所の各評価場所では、スピーカーから300m～500m付近で了解度に差が現れると想定される箇所は重要地点として8名配置し、統計的有意性を上げるよう留意した。

統計的有意性とは、「観察して得られたデータの差異が偶然ではなく、何らかの効果や変化によるものと示す考え方」である。上記の図22の結果について統計的有意性を確認した。2つの評価結果を比較した場合、P値※（確率）が0.05（5%）以下であると、統計的に有意であると判断される。

（※P値：例えば、表11において①強調無の平均値と②音合強調の平均値を比べた場合、音合強調の平均値の方が高い値であるが、試験を複数回実施した場合等に、音合強調の平均値の方が低い値になるという、逆の結果が出てしまう確率）

表11において、例えば300m地点では、①強調無と②音合強調の比較については、P値が0.057であるため、僅かに有意とは言えないが、①強調無と③子局/音合強調の比較については、P値が0.002であるため、有意と言える。

また、①強調無と③子局/音合強調の比較は、全地点で有意な結果であった。今回の実験では、聴取者による主観評価だけでなく、録音データからSIIを算出する客観評価も併せて実施し主観評価と同様の改善傾向が見られたことから、一部統計的有意性に不足があっても、改善施策の傾向性は確認できていると考える。

表 11 統計的有意性【了解度、スプラゴ、話者女性、ストレートホーン】

	了解度														
	300m			400m			500m			600m			角500m		
	① 強調無	② 音合 強調	③ 子局/ 音合強調												
評価者①	2	4	5	3	3	4	2	3	5	2	3	5	1	2	4
評価者②	2	3	3	3	4	3	1	3	4	2	3	4	3	4	5
評価者③	3	4	5	3	4	4	2	4	5	4	5	5	1	1	2
評価者④	4	4	5	3	4	4	2	5	5	3	4	5	1	3	4
評価者⑤	2	3	4	4	3	5	1	4	5	3	4	5	4	5	5
評価者⑥	1	2	3	2	3	4	1	2	3	2	2	3			
評価者⑦	3	4	5	4	5	5	1	1	3	4	4	5			
評価者⑧	3	3	4	4	5	4	2	4	5	4	4	5			
評価者⑨							2	3	4						
平均値	2.5	3.4	4.3	3.3	3.9	4.1	1.6	3.2	4.3	3.0	3.6	4.6	2.0	3.0	4.0
P値①と②	0.057			0.129			0.003			0.196			0.323		
P値②と③	0.051		0.513		0.040		0.032		0.298						
P値①と③	0.002			0.021			0.000			0.002			0.044		

ラインアレイ A（高性能スピーカー）は改善施策無しでも従来型スピーカーより高い了解度が得られるが、改善施策を適用すると更に良い了解度が得られる。

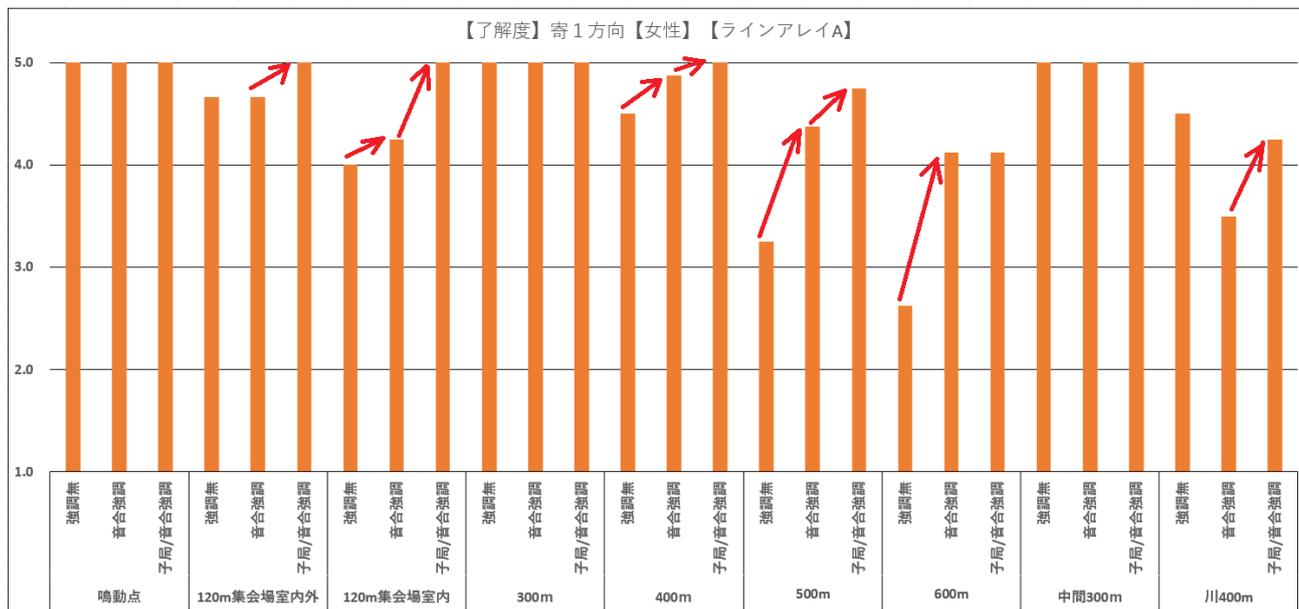


図 23 了解度【寄自然休養村、話者女性、ラインアレイ A】

ラインアレイ B（高性能スピーカー）も改善施策無しでも従来型スピーカーより高い了解度が得られるが、改善施策を適用すると、更に良い了解度が得られる。

(※500m～800mの音合強調評価時は、バイク通過による騒音の影響で了解度が低く計測された。)

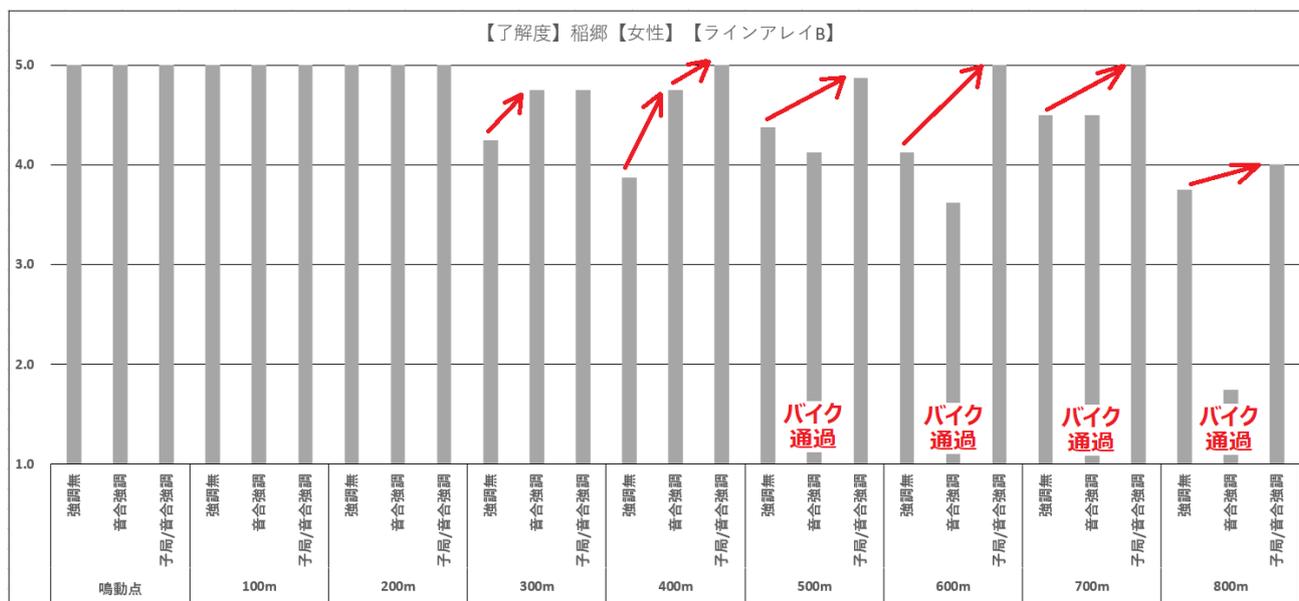


図 24 了解度【稲郷町有地、話者女性、ラインアレイ B】

子局強調により、近距離での放送音声の自然さが若干劣化するが、300m 以上離れるとその違いは見られなくなる。

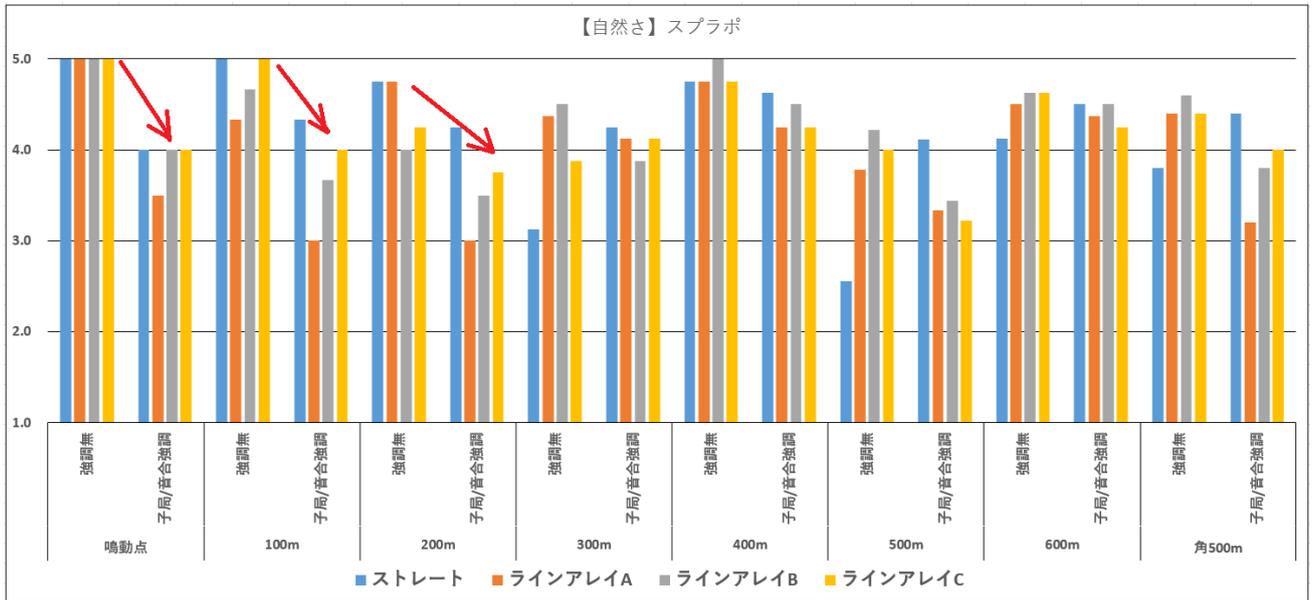


図 25 強調有無での自然さ【スプラポ、話者女性、全スピーカー】

聴取地点での放送の音量レベルは、ストレートホーンより高性能スピーカーの方が大きい傾向にある。また、特に高性能スピーカーは子局/音合強調を適用しても聴取地点での音量レベルは大きく変わらないが、聴感による「音の大きさ」評価では、強調無しの場合より子局/音合強調した方が若干改善するという結果が得られた。

また、ストレートホーンは聴取地点での放送の音量レベルが同等であっても、聴感評価では音が小さいと評価される傾向が見られた。

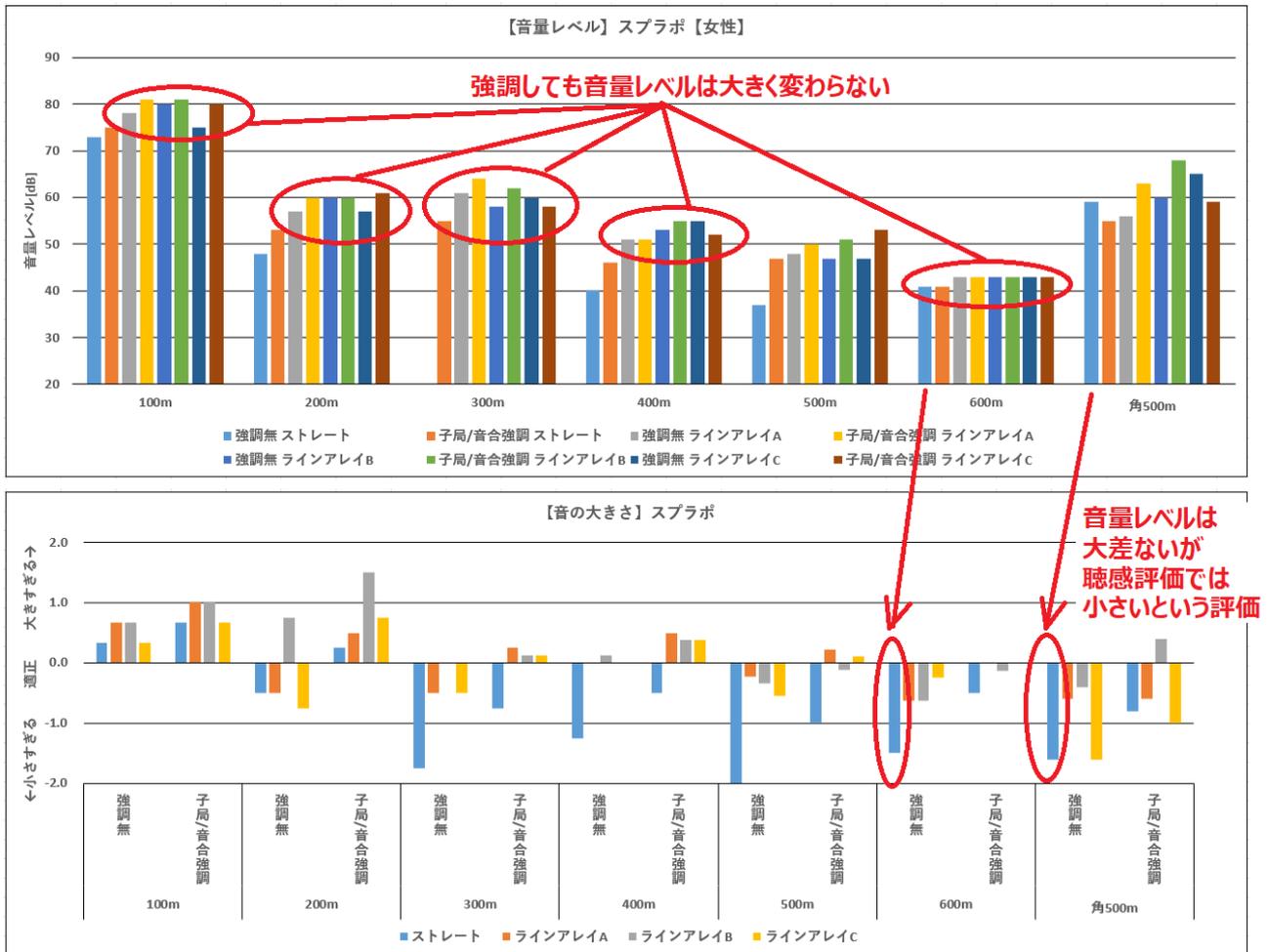


図 26 音量レベルと音の大きさ評価の関係【スプラボ、話者女性】

## ②スピーカー種の違い

従来型スピーカー（ストレートホーン）に対して、高性能スピーカー（ラインアレイ A、ラインアレイ B、ラインアレイ C）は、音声改善施策無しでも高い了解度が得られた。改善施策（音合強調、子局/音合強調）を適用すると更に了解度は向上した。

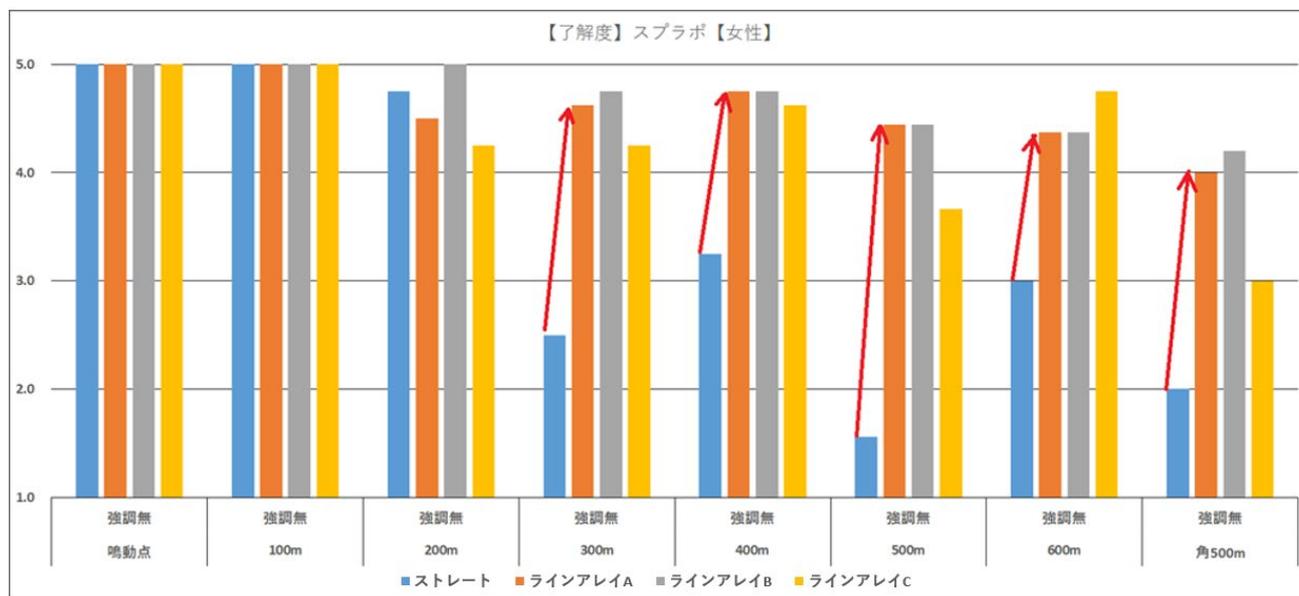


図 27 スピーカー比較【了解度、スプラボ、話者女性、音声改善施策無しで比較】

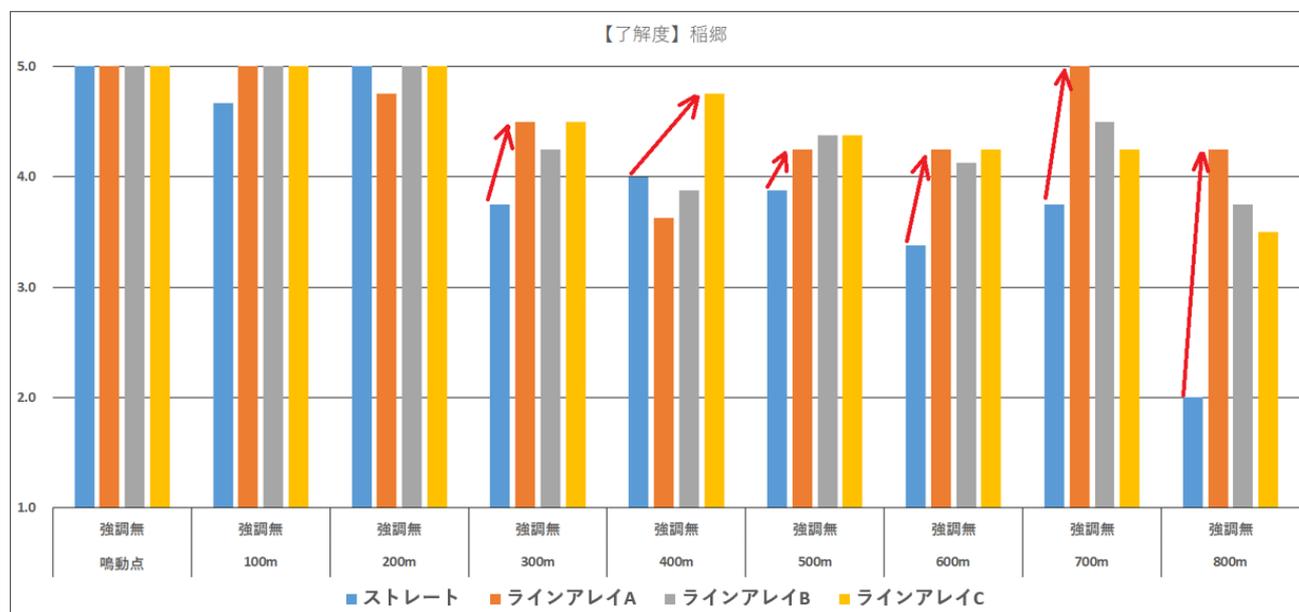


図 28 スピーカー比較【了解度、稲郷町有地、話者女性、音声改善施策無しで比較】

### ③話者（合成音声）の男女比較

今回の実験では、女性話者の方が男性話者より高い了解度が得られた。

(※400m 地点において了解度の逆転が見られたが原因不明。評価者に聴取すると女性の方が良かったとの回答。)

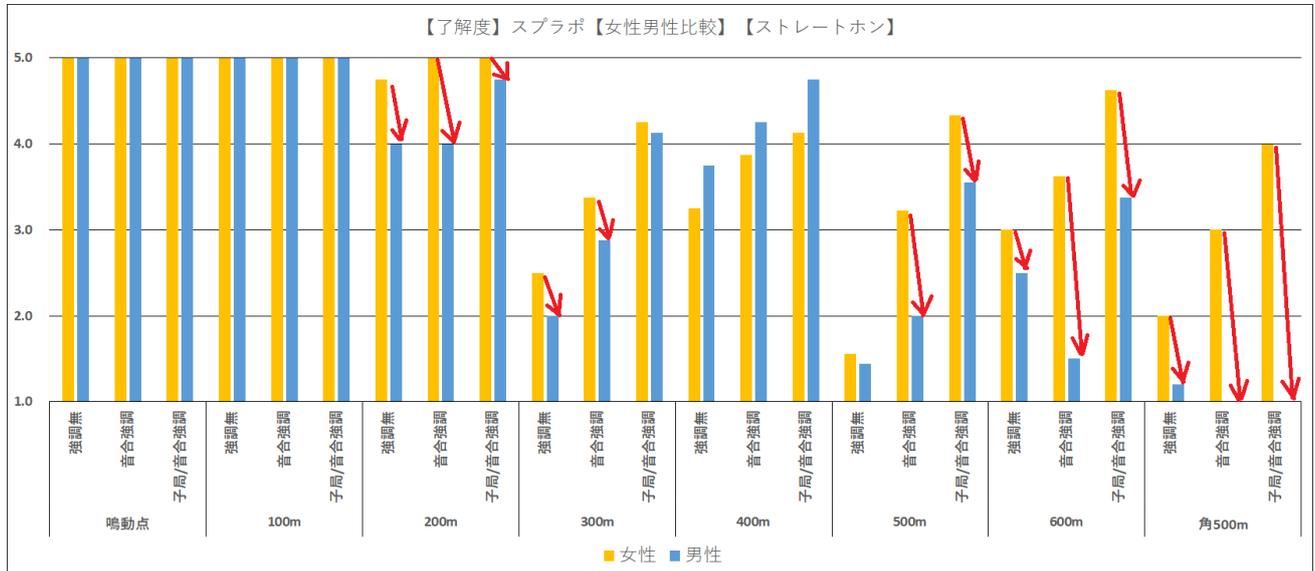


図 29 話者（女性男性）比較【了解度、スプラボ、ストレートホン】

### ④成人と高齢者比較

近距離では成人も高齢者も同等の了解度が得られたが、遠距離になると高齢者の了解度が低下する。そのような環境下でも、改善施策を適用することで、高齢者に対しても了解度が大きく向上することが確認できた。

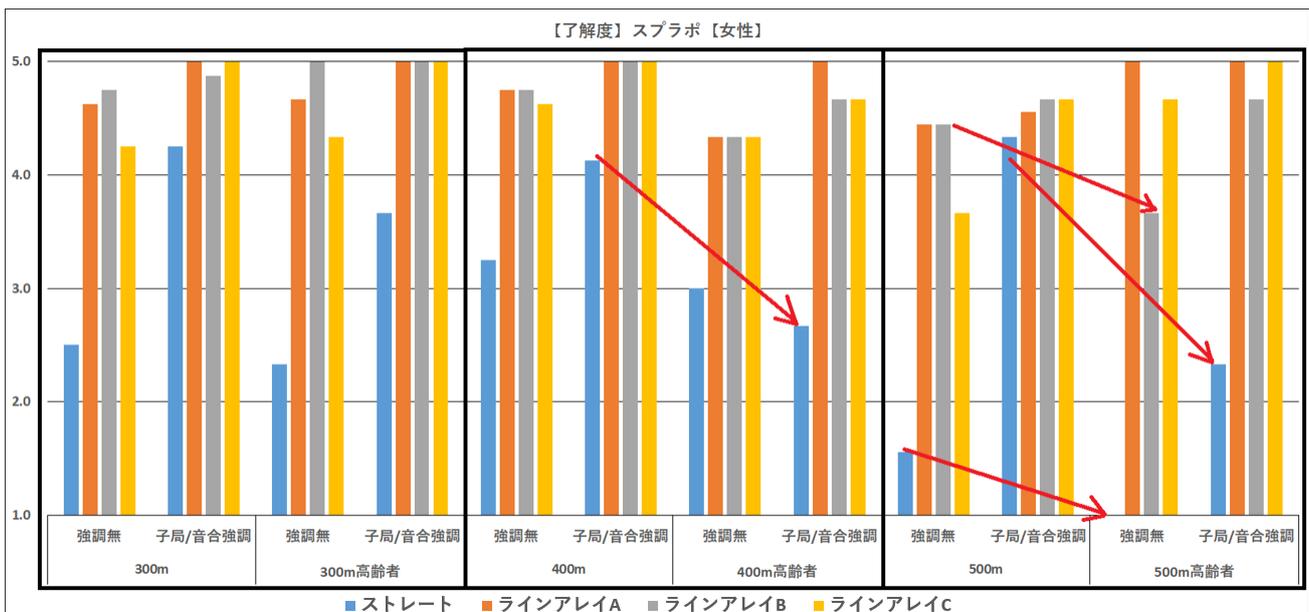


図 30 成人高齢者比較【了解度、スプラボ、女性話者】

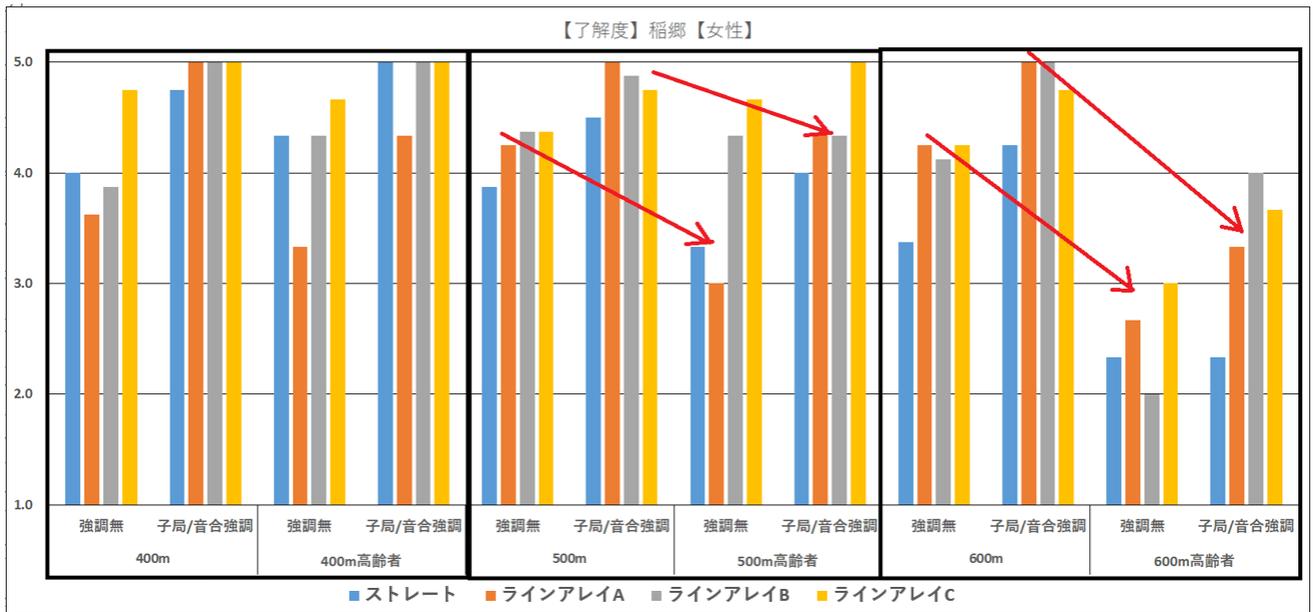


図 31 成人高齢者比較【了解度、稲郷町有地、女性話者】

屋外試験に比べて、屋内試験では成人と高齢者の間で、了解度に顕著な差が見られた。成人の了解度は良好であるにもかかわらず、高齢者は極端に低下する。S/N比は屋外も屋内も同程度であるため、建物内で音量が下がったことが原因と考えられる。一定レベル以下まで音量が下がると、高齢者にとっては非常に聞こえづらくなる可能性がある。

今回の実験時の測定値を示す。

【音量レベル】 集会場屋外：50～60dB、集会場屋内：35～40dB

【騒音レベル】 集会場屋外：41dB、集会場屋内：22dB

【S/N比】 集会場屋外：9～19dB、集会場屋内：13～18dB

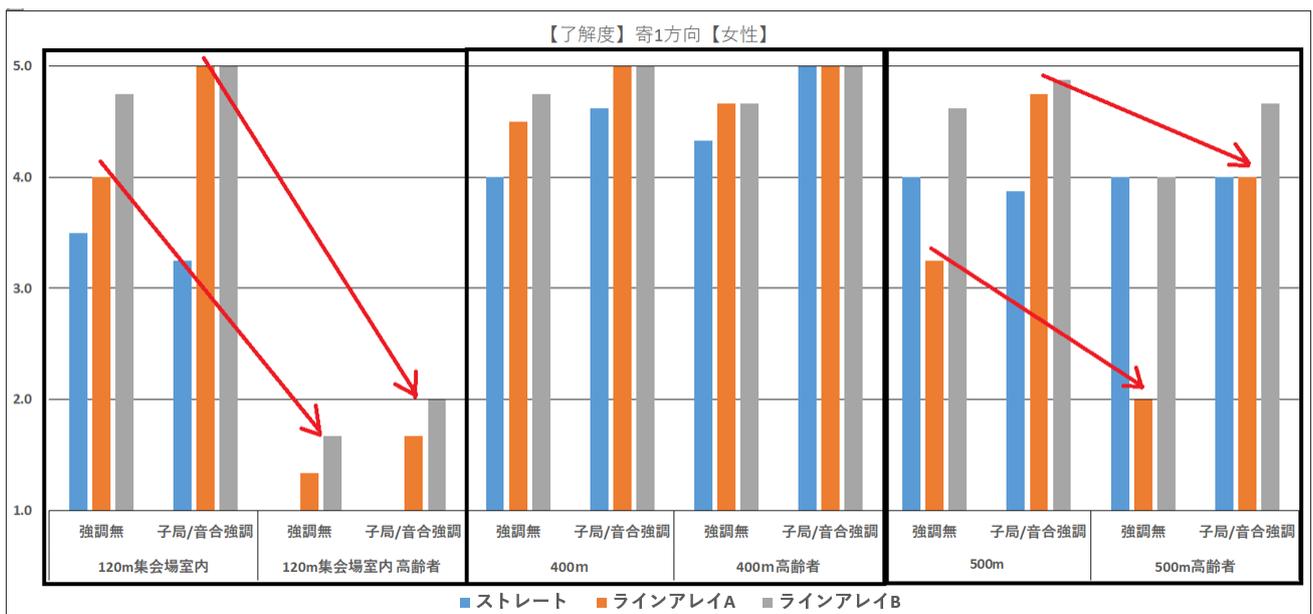


図 32 成人高齢者比較【了解度、寄自然休養村、女性話者】

### ⑤放送音声とサイレンの比較

放送音声（男性合成音声）と電子サイレン音（5秒間）で気づき（音の大きさ）の比較を行った。試験で使用した音源波形は下記の通り。

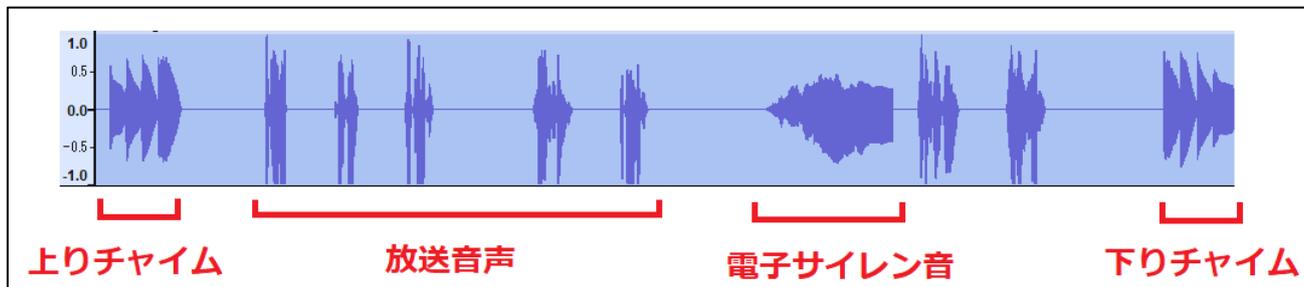


図 33 サイレン放送波形

図 33 のとおり、電子サイレン音の波形の最大振幅は放送音声の最大振幅より小さいが、聴感評価では、男性の音声よりサイレン音の方が、音は大きいという評価がなされ、サイレン音の方が聞き取りやすいことが分かった。なお、今回のサイレン音源は音声に比べて振幅が小さかったが、サイレン部分の音源音量を音声と同程度まで上げることで、更に聞き取りやすくなると考えられる。

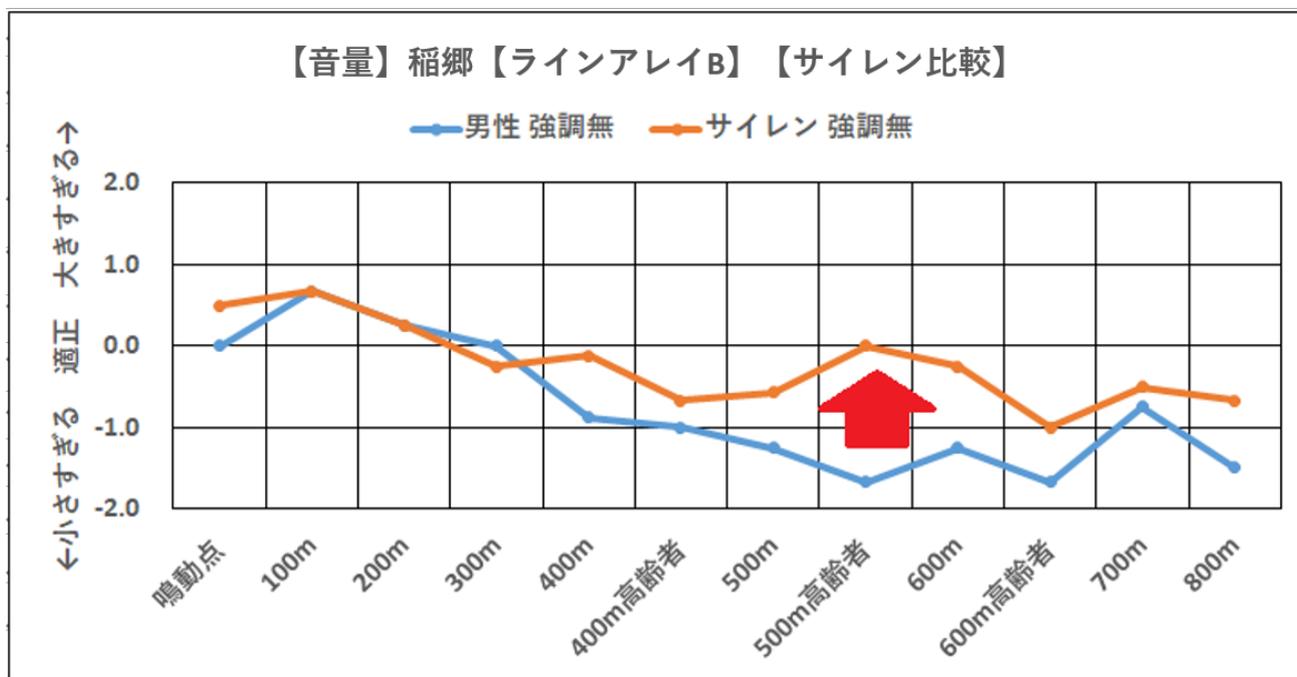


図 34 放送音声とサイレン音の比較【音の大きさ】

## ⑥SII と了解度の関係

改善施策の適用も含めて、放送音声を各測定地点で録音し、SII を算出した。

SII についても、改善施策による SII の改善が確認できた。800m 地点は SII が逆転しているが、遠距離のため空気吸収による減衰が大きく、差が見えなくなった可能性がある。

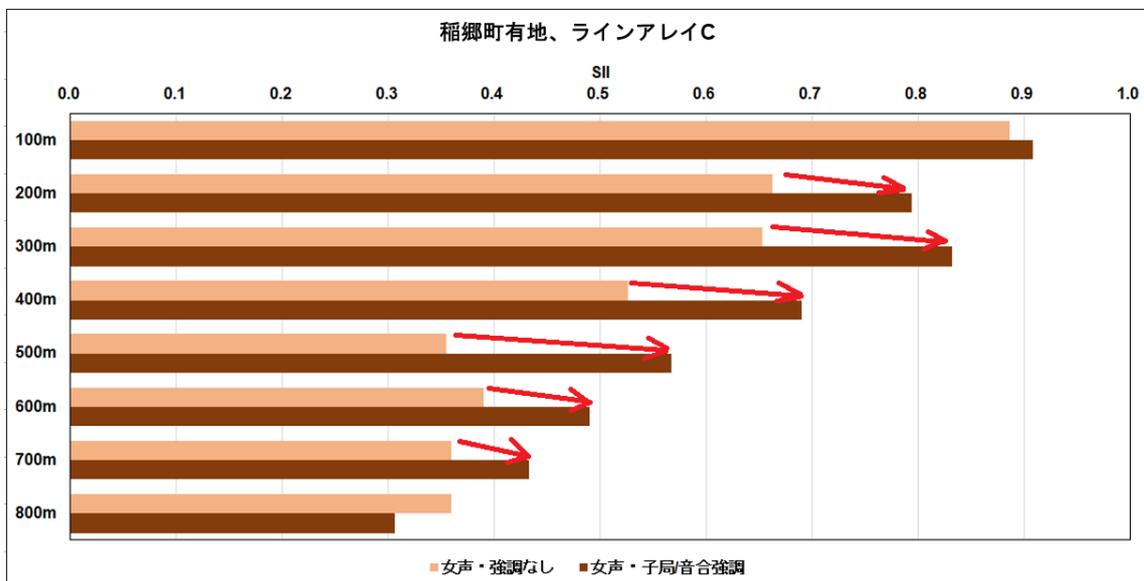


図 35 SII の改善例 (稲郷町有地、ラインアレイ C)

また、上記測定地点・測定条件時の了解度の評価結果と SII の関係を図 36 に示す。

各測定地点での改善施策適用による SII 改善と了解度改善には同一の傾向性が見られ、評価人数の制限から聴感評価の有意性が不足する所もあるが、SII による客観評価結果も同一傾向を示しており、本実験において了解度の傾向性確認は出来ていると考える。

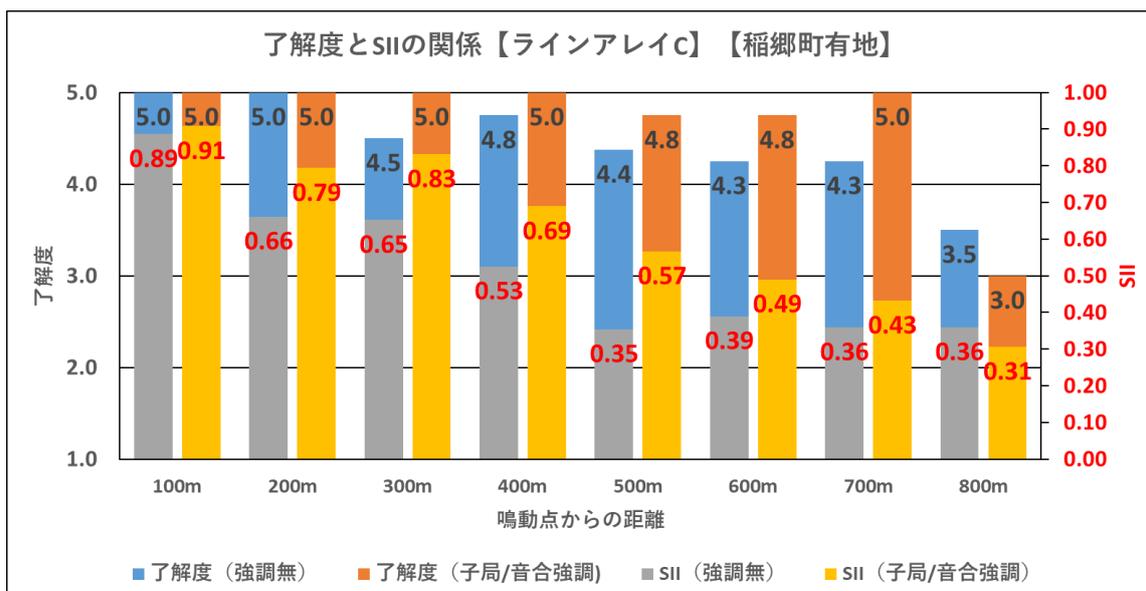


図 36 了解度と SII の関係 (稲郷町有地、ラインアレイ C)

SII と了解度の関係は、SII が良くなるほど了解度が高くなり、今回の実験でも相関がみられた。また、第二回実証実験の SII 算出結果と同様に、ある程度の SII (0.4~0.5) に達すると了解度はほぼ 5.0 (最良) に達する。聞き取るのに十分な音量がある環境下においては、SII の測定・計算を実施すれば、改善施策有無による了解度の傾向性がある程度定量的に推定できると考えられる。

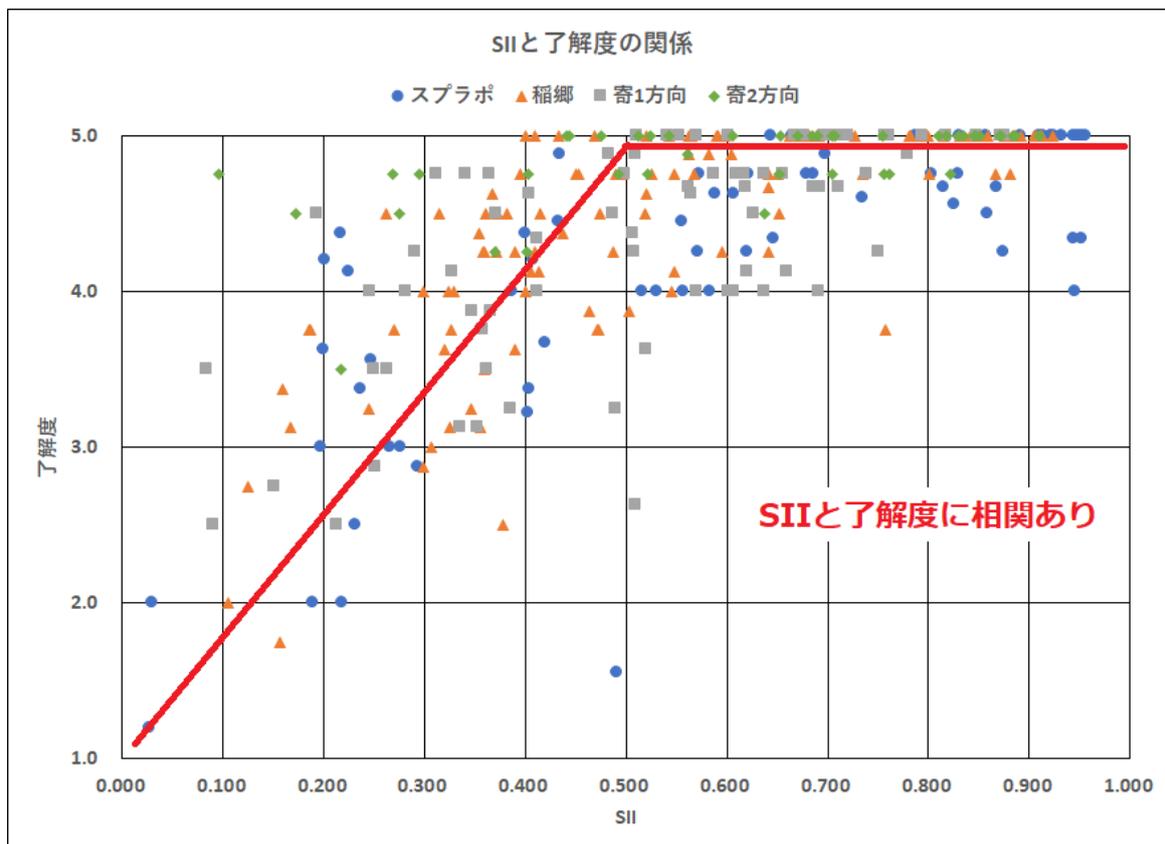


図 37 SII と了解度の関係

#### 1.5.4. 机上検討【了解度バルーン】概要

表 12 机上検討【了解度バルーン】概要

机上検討【了解度バルーン】	
目的	各種改善施策による音達バルーンへの影響を検討
検討概要	<p>音達バルーンとは、屋外スピーカーの置局設計時に参考にされるもので、スピーカーから規定の試験信号を放送し音圧を測定した際に、規定の音圧 (dB) になる距離を線で結んだもの (等音圧線)。その形状が膨らんだバルーンのように見えるため、音達バルーンと呼ばれる。</p> <p><b>【検討①】</b> 改善施策により音達範囲が広がることを示す。</p> <p>改善施策は音を大きくするのではなく、特定周波数域を強調して了解度を向上させる施策である。音達バルーンはあくまで同じ音圧となる範囲を描いているため、今回実験で採用した、周波数強調による聴感上の了解度改善効果を取り込むことが出来ない。</p> <p>そこで、了解度バルーンという考えを導入する。了解度バルーンとは、音達バルーンの音圧で描かれた沿面の SII を計算し、音圧を SII に置き換えて表現するものである。この了解度バルーンに対して、改善施策を適用すると SII が改善し、同じ SII をとる沿面を描きなおすと、沿面が広がる。</p> <p>了解度バルーンにより、聴感も考慮した音達範囲が改善することを示す。</p> <p><b>【検討②】</b> 暗騒音が大きい(60dB)場合に、暗騒音の影響で狭くなった音達範囲が、改善施策により、通常暗騒音(50dB)時の音達範囲に近づくことを示す。</p> <p>ノイズ環境下では、SII は劣化する。言い換えると、SII が良好な範囲は狭くなる。検討②では暗騒音 60dB の環境下で、了解度 5.0 (最良) が得られる「SII=0.6」を沿面とする了解度バルーンを算出し、改善施策により SII が改善し、SII=0.6 となる沿面が広がり、了解度バルーンの大きさが、置局設計時に参考にされる音達バルーンの音達範囲にどこまで近づくか (回復するか) を検討する。</p> <p><b>【放送用スピーカー】</b> ストレートホーン、ラインアレイ A、ラインアレイ B  <b>【音声改善】</b> 改善無し、子局強調</p>
検討結果	<p><b>【検討①】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・子局強調を施すことで、スピーカー種に関わらず、了解度バルーンが、正面方向距離で約 1.4 倍、面積で約 2 倍の改善が見られた。</li> </ul>

### 【検討②】

- ・ノイズ環境下で縮小した了解度バルーンが、子局強調により、元の音達バルーンと同程度の大きさとなる改善が見られた。
- ・通常時は改善施策を適用すると自然さが低下することを考慮して、改善施策を OFF とし、環境条件が悪化した際に通常時同等の音達範囲を確保するために ON とする運用を行うことで、様々な環境条件の影響で屋外スピーカ-の音達範囲が変動するという問題を軽減することができる。

【検討①】 等音圧線を結んだ音達バルーンの沿面の SII を計算し、了解度バルーンを描く。改善施策の適用で SII が改善し、改善施策適用前の SII と同じ値となる沿面を描きなおすと了解度バルーンが広がる。特定周波数強調による改善施策の場合、音圧のみを考慮した音達バルーンは広がらないが、聴感上の特性も考慮した了解度バルーンで表現すると、音達バルーンと同等の了解度が得られる音達範囲が拡張することが示された。

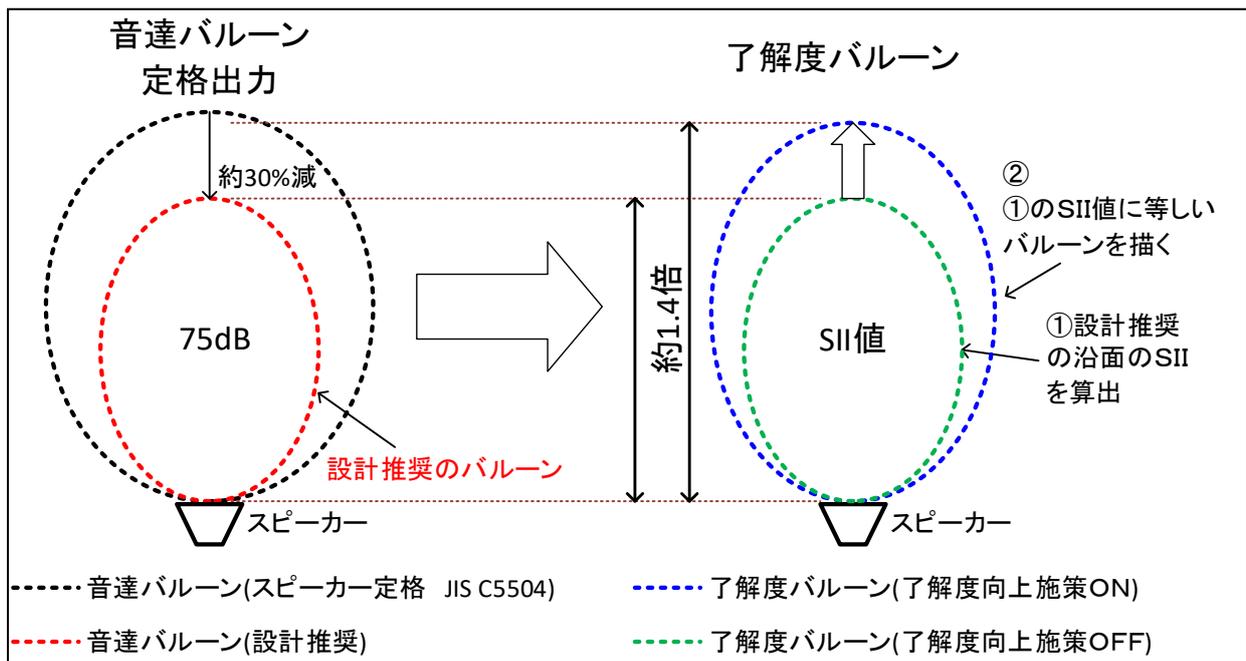


図 38 検討①了解度バルーンイメージ

【検討②】 暗騒音 60dB の環境下で了解度 5.0 (最良) が得られる  $SII=0.6$  で了解度バルーンを描くと、音達バルーンより狭くなる。そこで周波数強調による改善施策を適用すると、SII が改善し、 $SII=0.6$  となる了解度バルーンの沿面を描きなおすと、音達バルーンに近い大きさに回復することが示された。

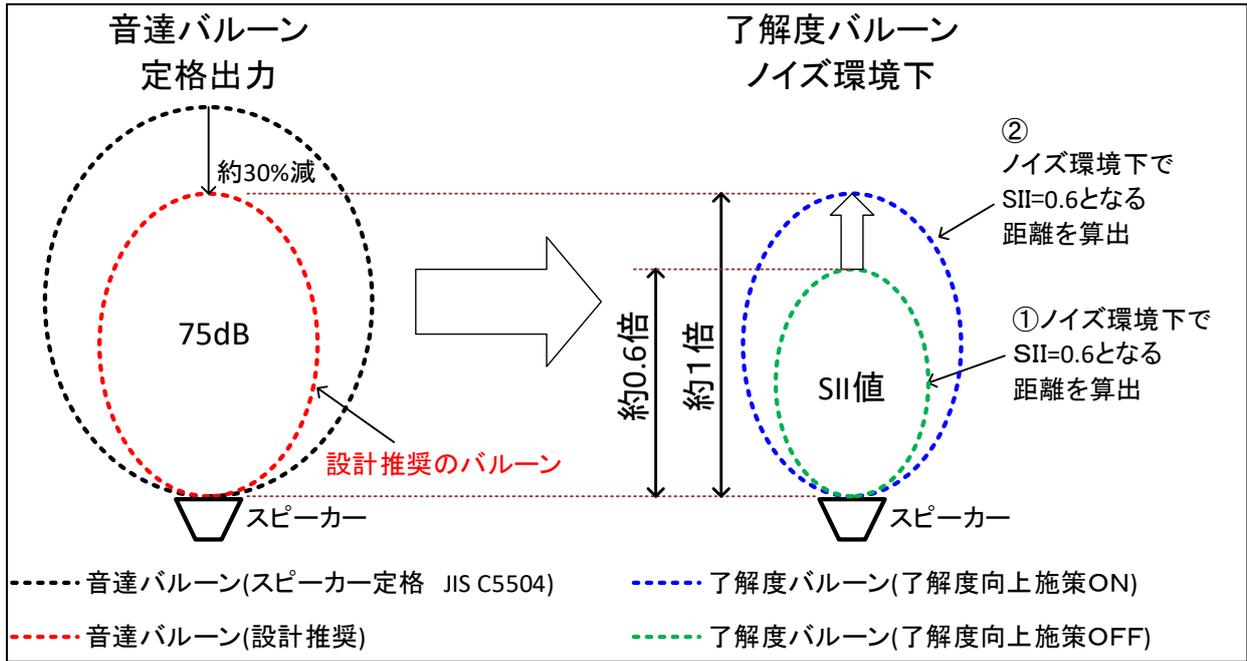


図 39 検討②ノイズ環境下の了解度バルーンイメージ

今回の了解度バルーンの検討は、計算の都合から子局強調のみで実施した。音合強調でも同様の効果が得られると思われるが、確認については今後の課題となる。

また、上記検討②は SII=0.6 が必要とした場合の了解度バルーンであるが、要求する SII レベルが変わった場合 (0.5、0.7) の試算を従来型スピーカーで行った。SII 値の要求レベルを 0.1 変更するとバルーンの距離が 20%~30%程度変化するという結果であった。

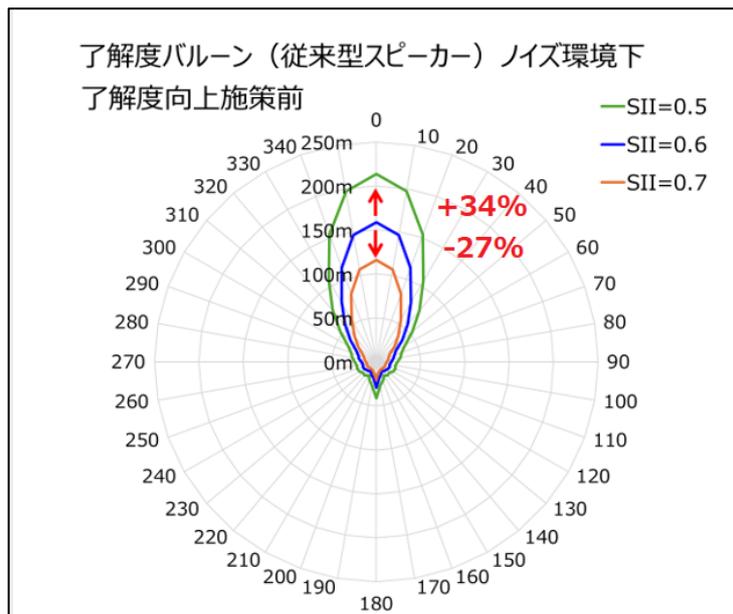


図 40 要求 SII 値と了解度バルーンの関係 (例)

1.5.5. 机上検討【気象条件】概要

表 13 机上検討【気象条件】概要

机上検討【気象条件】	
目的	夏と冬の季節の違いによる音達の影響について整理
検討概要	<p>音声の減衰要因として、「空気吸収」と「距離減衰」がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気吸収：気温・湿度等で空気の粘性が変わり減衰量が季節で変化</li> <li>・ 距離減衰：音のエネルギーは音源から離れるほど小さくなる</li> </ul> <p>「空気吸収」の影響により夏と冬で、音達範囲に違いが発生する。具体的には気温と湿度が低いほど空気吸収による音の減衰が大きくなり、特に高い周波数の音が伝達されづらくなる。</p> <p>ここでは、その一例を試算し、その特徴を示す。</p>
検討結果	<p>東京都の5年間(2019年～2023年)の1月と8月の平均気温・湿度で試算。</p> <p>【1月】・・・温度：5.7℃、湿度：56%</p> <p>【8月】・・・温度：28.3℃、湿度：78.6%</p> <p>冬の方が、2000Hz以上の周波数の減衰量が増加し、高域が伝達しづらく、了解度が低下する。冬には高域の減衰を補うような周波数強調が有効であると考えられる。1.5.3章の第三回実証実験は音達条件が悪い冬(12月)に実施しており、実際に周波数強調による改善効果が確認できたと言える。</p>

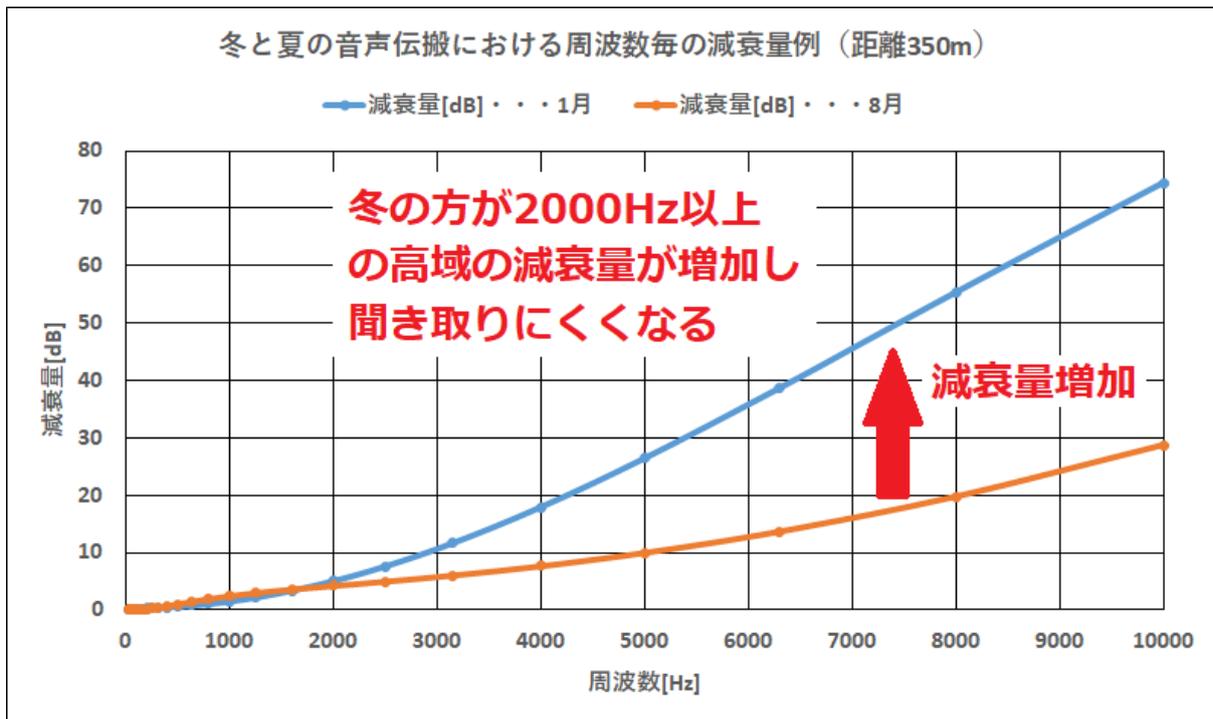


図 41 冬と夏の音声伝搬の周波数特性の試算結果

## 1.6. 実験結果概要

実験全体を通して得られた結果概要について下記に整理した。

表 14 実験結果概要

No	実験結果概要
1	<p><u>従来型スピーカーに比べ、高性能スピーカーは、高い了解度が得られた。</u></p> <p>①鳴動点からの距離が 200m 位までは差がないが、300m 以上では了解度に差が表れる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 強調無し時：了解度が 5 段階評価で約 0.5～1 高い</li> <li>・ 子局音合強調時：了解度が 5 段階評価で約 1.5～2 高い</li> </ul> <p>②騒音環境下（豪雨等）では、騒音レベルが上がるほど、了解度に差が表れる。</p> <p>⇒高性能スピーカーの導入は音達範囲向上に効果的である。</p>
2	<p><u>本実験の改善施策は、従来型スピーカーを含む全てのスピーカーにおいて了解度改善に効果があった。</u></p> <p>①暗騒音評価及び屋外評価のいずれにおいても、既設への導入が容易な音合強調のみでも改善効果があった。</p> <p>（松田町の既設操作卓の音合に音合強調を適用し改善を確認した。）</p> <p>子局/音合強調を行うと、音合強調のみより更に高い改善効果がみられた。</p> <p>②ストレートホーンに改善施策を適用すると大幅な改善がみられた。</p> <p>高性能スピーカーは強調無しでも了解度が比較的高いが、改善施策を適用するとさらなる改善がみられた。</p> <p>③ラインアレイ A は子局/音合強調を掛けると、出力音圧の高いラインアレイ B とほぼ同等の了解度が得られ、高性能スピーカーにおいても改善施策の適用は有効である。</p> <p>④強調（SII 改善に貢献度の高い周波数域を強調）の有無で、聴取点での音量レベルに大きな差は無いが、聴感上の音の大きさは若干改善し、了解度も改善した。</p> <p>⇒了解度改善（周波数強調）機能を有する音声合成は、既設の操作卓にも比較的導入しやすく、音達範囲向上に効果的である。</p> <p>⇒子局で周波数強調を行うと、音声コーデックの周波数特性（高域減衰）を補うことができ、音合強調のみより更に効果的である。</p> <p>⇒基本性能が高い高性能スピーカーに対しても、音合強調、子局強調はいずれも効果的である。</p> <p>⇒スピーカーの種類に応じて、改善施策を細かく調整すると更に効果的である。</p>

No	実験結果概要
3	<p><u>男性話者と女性話者では、女性話者の方が高い了解度が得られた。</u></p> <p>①暗騒音評価及び屋外評価のいずれにおいても、女性話者の方が高い了解度が得られた。その傾向は、「暗騒音のノイズレベルが高くなるほど」また、「聴取点の距離が鳴動点から遠くなるほど」顕著に表れる。低ノイズ時や近距離時には差はみられない。</p> <p>⇒今回使用した音声合成では、比較的近距离及び環境ノイズが低い場合では、話者の男女差はみられないが、中距離～遠距離、豪雨等のノイズがある環境の場合は、女性話者のほうが音達範囲向上に効果的であった。</p>
4	<p><u>高齢者は音量レベルが下がると、急激に了解度が低下する。</u></p> <p>①鳴動点からの距離が300～400m位までは、成人と高齢者（70代前半）の了解度に大きな差はみられなかったが、400m以降になると高齢者の了解度低下がみられた。また、屋内評価は鳴動点から約120mと比較的近距离の場所で実施し、成人は良好な了解度であったが、高齢者は非常に低い了解度となった。音量が下がると、極端に了解度が低下するものと思われる。</p> <p>【音量レベル】 集会場屋外：50～60dB、集会場屋内：35～40dB  【騒音レベル】 集会場屋外：41dB、集会場屋内：22dB</p> <p>⇒屋内や鳴動点から距離がある場合、音量の低下は避けられない。戸別受信機等の伝達手段との併用が効果的である。</p>
5	<p><u>改善施策を適用すると、近距离において放送音声の自然さが低下する。</u></p> <p>①改善施策は高域の周波数を強調するため、近距离では音声の自然さが若干損なわれる。今回の屋外評価では、近距离（～300m）で自然さが劣化するという結果が得られた。</p> <p>⇒常時改善施策を適用するのではなく、状況（環境条件や放送内容）に応じて改善施策をON-OFFするなど、運用上の工夫も必要となる。</p>
6	<p><u>夏よりも冬の方が、了解度が低下する。</u></p> <p>①夏に比べ冬の方が、2000Hz以上の周波数域の伝搬減衰量が増加し、高域が伝達しづらくなることで了解度が低下する。無響室評価でも冬の方が、了解度が低いという結果であった。無響室評価では、子局/音合強調で大きな改善がみられた。</p> <p>⇒冬には高域の減衰を補うような周波数強調が有効である。</p>

No	実験結果概要
7	<p><u>了解度バルーンは改善施策で拡張するが、拡張するというより、騒音環境下でのバルーン縮小を補完する手段と捉えたほうが良い。</u></p> <p>①音達バルーンに相当する了解度バルーンを計算し、改善施策を適用すると領域が拡張するという計算結果となる。ただし、現在の音達バルーンによる置局設計では、環境条件によって聞こえない場合があり、悪条件下での実際の音達エリアは音達バルーンより狭くなる可能性がある。</p> <p>了解度バルーン拡張の効果は、現在のバルーンから広がるというより、様々な環境条件下でも改善施策を併用することで、元の音達バルーン相当の音達エリアに近づける手段という見方が妥当である。</p> <p>⇒了解度バルーンの計算からも騒音環境下で音達エリアの改善が確認できた。</p>
8	<p><u>電子サイレン音の方が大きく聞こえる。</u></p> <p>①電子サイレン波形の最大振幅は音声より低いですが、屋外評価では電子サイレン音の方が男性の声より大きく聞こえ、気づきを与えやすい。</p> <p>⇒電子サイレンは気づきを与える意味では音声より有効である。</p>
9	<p><u>放送音声録音から SII を算出し、改善施策による SII 改善が確認できた。</u></p> <p>①複数の聴取点で改善施策を含めた放送音声を録音したデータから、SII を計算し、改善施策の効果が表れていることが確認できた。</p> <p>SII と了解度との関係を確認すると、相関がみられる。</p> <p>⇒改善施策有無を含めた放送を録音し、SII を計算すると、大勢の聴取者を集めなくても、了解度改善効果がある程度定量的に推定できる。</p>

## 2. 実証実験の詳細

### 2.1. 第一回実証実験詳細

#### 2.1.1. 実験目的

音達に影響する様々な環境条件のうち、「降雨の暗騒音」、「波の暗騒音」、「季節の違い」の影響について、各種改善施策やスピーカー種による了解度の違いを調査する。

#### 2.1.2. 実験日程

日時：2024年10月24日 13:30～17:20

2024年10月25日 9:00～15:20

場所：無響室(ユニペックス株式会社)

#### 2.1.3. 評価者

聴感評価は12名（UNIPEX：4名、FG：8名）で実施した。

年齢構成は、20代：3名、40代：2名、50代：6名、60代：1名

#### 2.1.4. 実験詳細

##### 2.1.4.1. 実験概要

無響室にて放送用スピーカーから放送文言を放送し、暗騒音スピーカーから豪雨音・波の音の暗騒音を出力し、暗騒音下での聴感評価を行う。

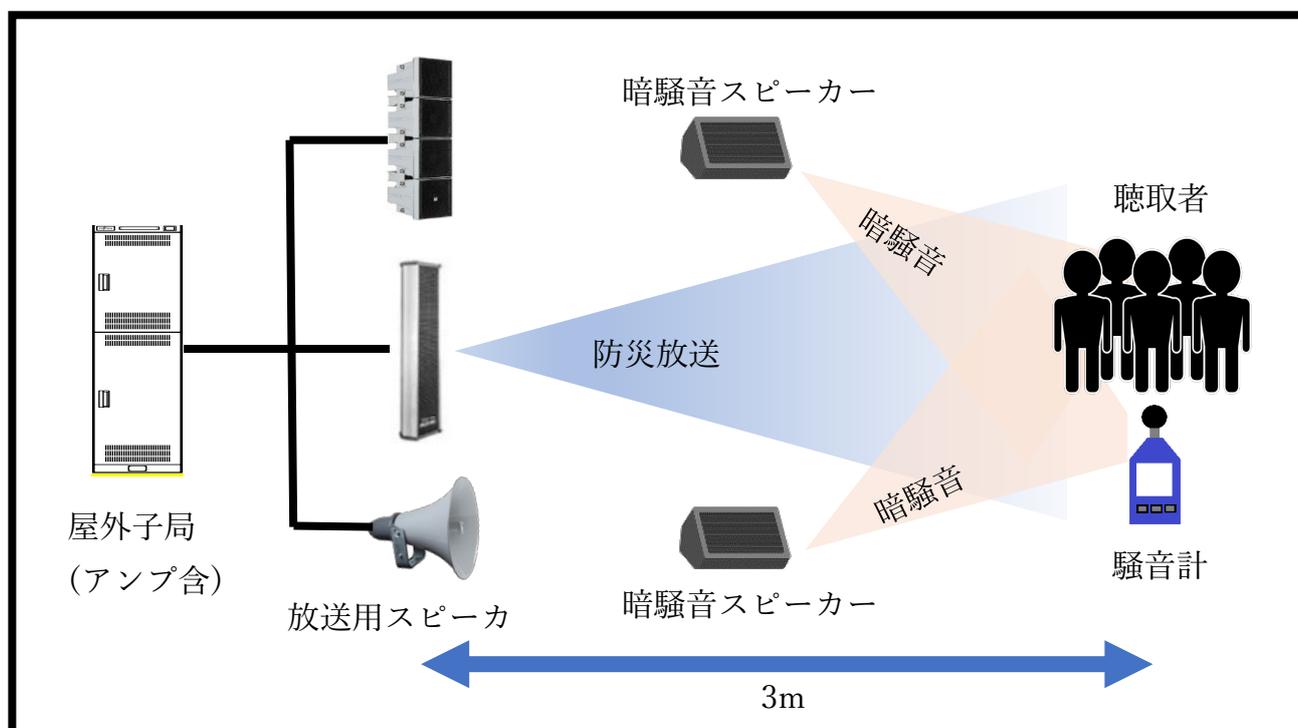


図 42 第一回実証実験試験環境イメージ

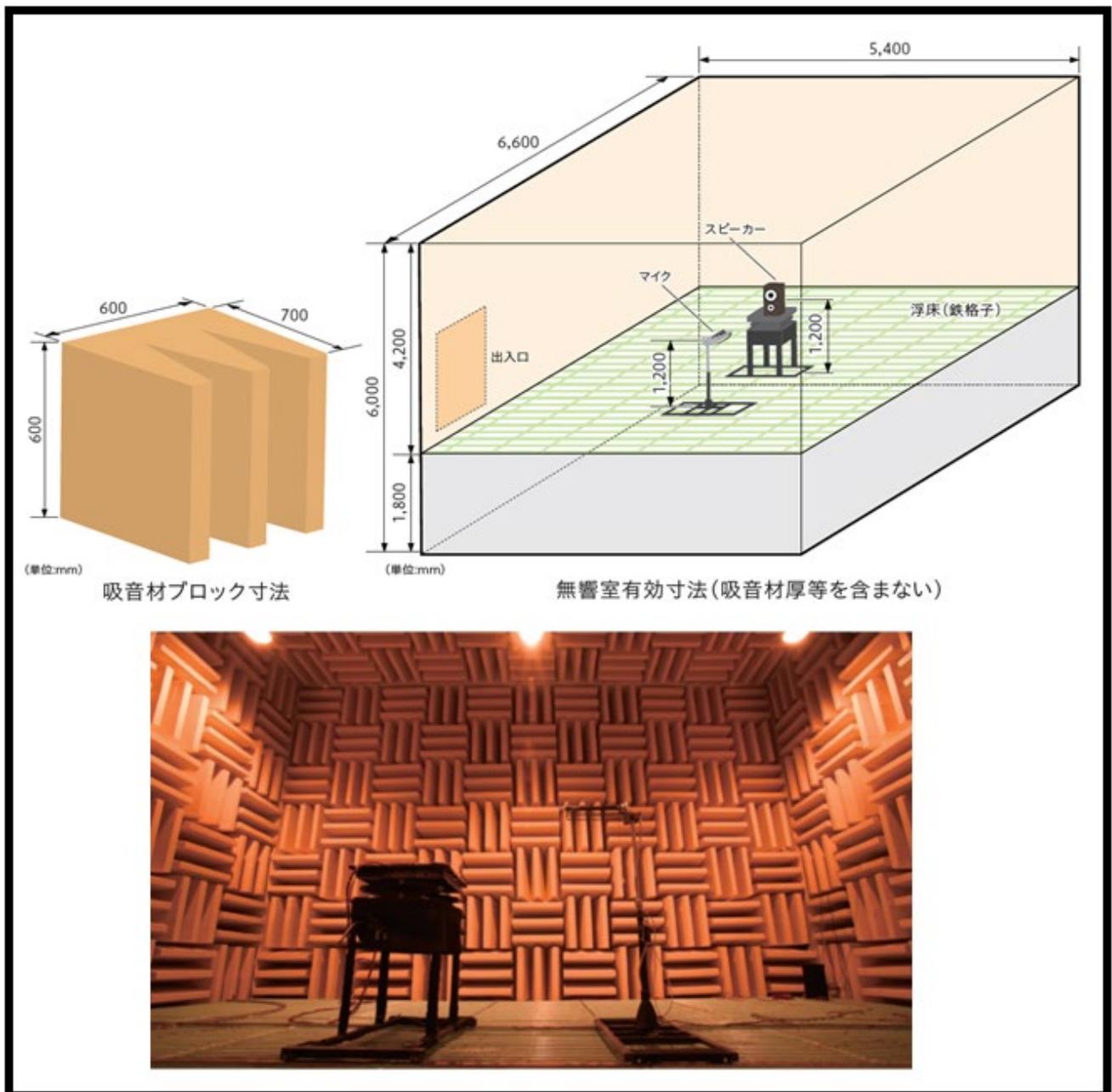
## 2.1.4.2. 実験環境

### 2.1.4.2.1. 無響室

実験で使用した無響室の仕様を下記に示す。

表 15 無響室設備仕様

対応規格 1	対応規格 2	計測精度	有効寸法	測定環境	校正日
JIS Z 8732	ISO 3745	JIS Grade1 (精密)	6,600×5,400× 6,000(mm)	無響室 (浮床)	2024'03 (毎年)



### 2.1.4.2.2.放送用スピーカー

放送用スピーカーは下記の3種を使用した。

無響室のサイズの関係で、従来型スピーカーは、レフレックスホーンを使用した。

表 16 放送用スピーカー仕様

No.	名称 (型番)	定格	出力音圧レベル (1W,1m 換算値)	指向角(2kHz)		再生周波数 特性(Hz)
				水平	垂直	
1	レフレックスホーン (H-510M/30T)	30W	110dB 以上	70°	70°	180~6,000
2	ラインアレイ A (SC-B30)	30W	116dB	85°	20°	450~8,000
3	ラインアレイ B (HA-2040MK2)	30W	119dB	90°	15°	300~9,000



図 44 試験スピーカー外観

### 2.1.4.2.3.暗騒音用スピーカー

表 17 暗騒音用スピーカー仕様

No.	名称 (型番)	定格	出力音圧レベル (1W,1m 換算値)	指向角(2kHz)		再生周波数 特性(Hz)
				水平	垂直	
1	暗騒音スピーカー (SX-300)	300W	99dB	65°	65°	50~20,000



図 45 暗騒音スピーカー外観

### 2.1.4.2.4.その他設備

表 18 その他設備仕様

No.	名称	メーカー	型番	備考
1	屋外子局	富士通ゼネラル	CR604EFJ	放送用
2	拡声アンプ	富士通ゼネラル	EA-168	放送用
3	音声アンプ	ユニペックス	CGA-200DA	暗騒音
4	騒音計	Nti	XL2	録音・STI測定

### 2.1.4.2.5. 機器セッティング

無響室での各機器の配置は下図の通り。

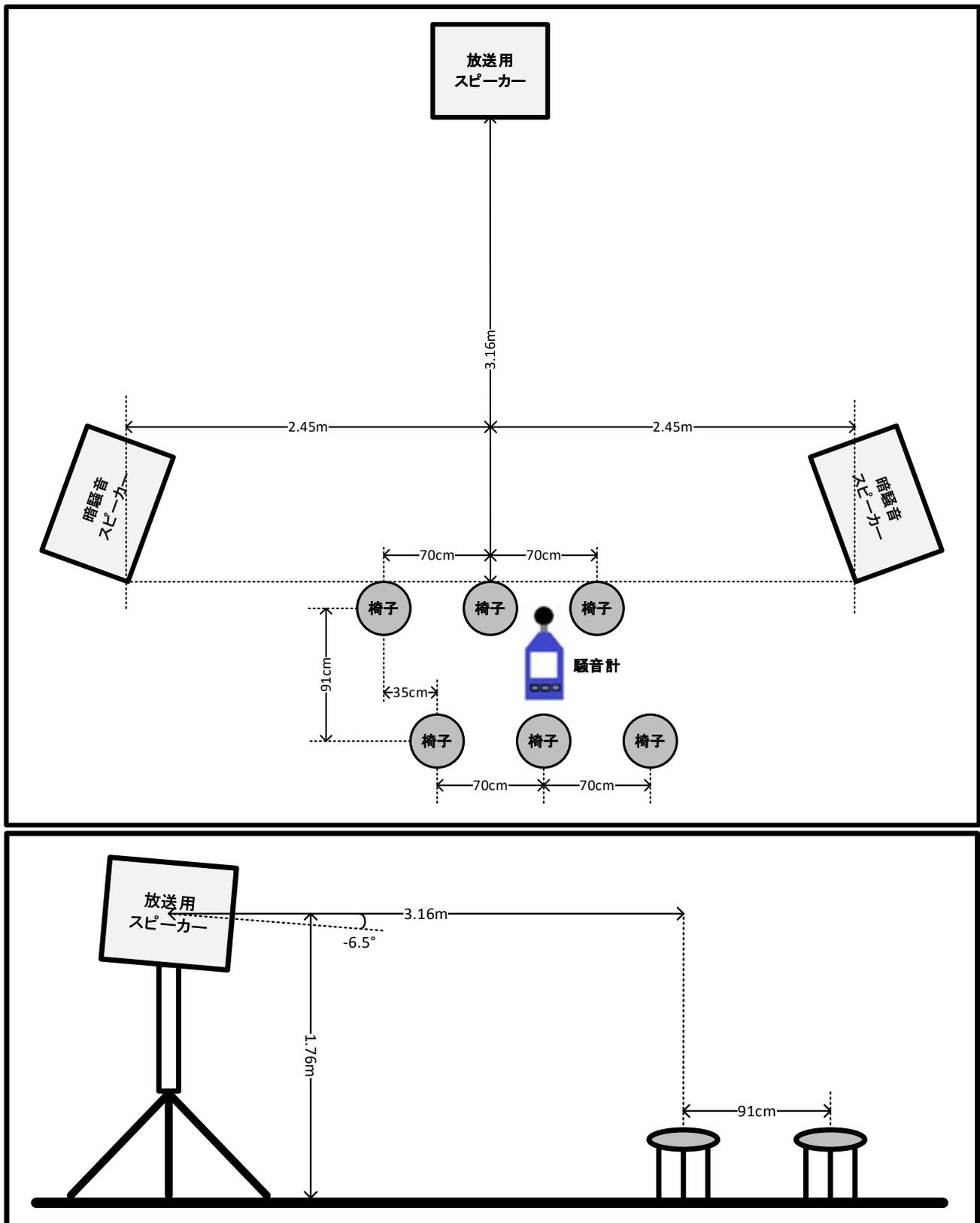


図 46 機器セッティング

### 2.1.4.3. 実験音声

以下の合成音声で実験を行った。

#### 2.1.4.3.1. 放送話者

音声合成（株式会社エーアイ）：男性：せいじ、女性：のぞみ

#### 2.1.4.3.2. 音声合成放送文面

表 19 音声合成放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	(上りチャイム)	3 秒
2	こちらは防災松田です。	15 秒
3	試験放送を行っております。	9 秒
4	試験放送を終了します。	10 秒
5	(下りチャイム)	3 秒
合計		40 秒

#### 2.1.4.3.3. 暗騒音

表 20 暗騒音

種類	内容	騒音設定値	実測値
通常暗騒音	ブラウニアンノイズ	50dB	50dB
豪雨音	雨が降る 1_自然の中で録音	65dB	65.2dB
	街を襲う集中豪雨_台風直撃で土砂降り	70dB	70dB
		75dB	75dB
波の音	カモメが鳴くビーチ_リゾート地	60dB	60.5dB
		70dB	70.2dB

### 2.1.4.3.4. 季節・距離補正

屋外でスピーカーから 30W で放送し 350m 離れの地点で聴取することを想定し、その音声レベルを無響室で再現するため、試験音源に補正（距離減衰）を行った。

また、季節（夏・冬）による周波数特性も試験音源に反映させ、試験を実施した。

表 21 無響室での距離減衰再現

No	スピーカー種	能率 [1W/1m]	距離減衰 (350m)[dB]	聴取点 音圧計算値	無響室での 音圧測定値
1	レフレックスホーン	114.7	50.9dB	78.6dB	81.7dB
2	ラインアレイ A	114.1	50.9dB	78.0dB	78.9dB
3	ラインアレイ B	119.5	50.9dB	83.4dB	82.7dB

季節の影響については、東京都の過去 5 年の気温と湿度の平均を使用した。

【冬】 1 月の過去 5 年の気温、湿度の平均 = 5.7°C、56%

【夏】 8 月の過去 5 年の気温、湿度の平均 = 28.3°C、78.6%

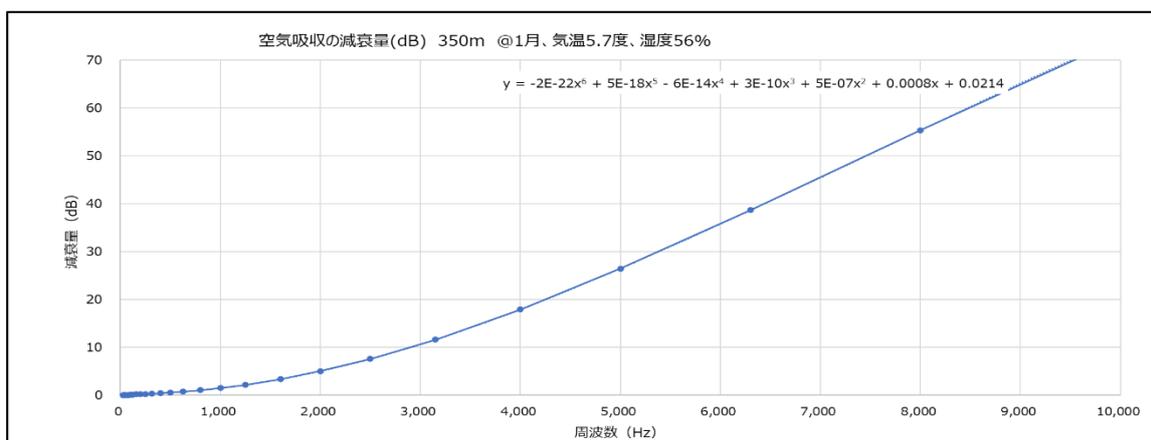


図 47 1 月の空気吸収減衰量

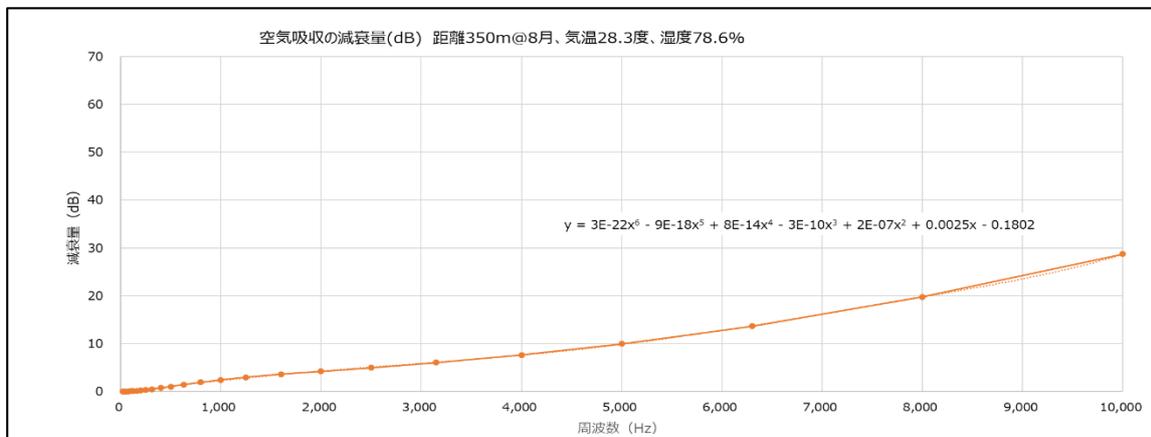


図 48 8 月の空気吸収減衰量

### 2.1.4.4. 実験内容

評価は、聴取者による主観評価と、テスト信号を用いた STI 測定を実施した。第一回実験では SII の算出予定が無かったが、実験場所として使用した UNIPEX 社の無響室に STI を測定する設備があった。STI は SII と相関の高い指数であるため、参考データとして測定した。

#### 2.1.4.4.1. 主観評価

##### 2.1.4.4.1.1. 実験パターン

話者が 2 種、スピーカーが 3 種の全組合せに対して「改善施策の有無」と「暗騒音の種類」と「季節の違い」による以下の試験を実施した。

(男女 2 種×スピーカー 3 種×音声改善・暗騒音 27 パターン=合計 162 パターン実施)

表 22 実験パターン

No	話者(2種)		スピーカー種類(3種)			音声改善			暗騒音								
	女性	男性	レフレックスホーン	ラインアレイ A	ラインアレイ B	なし	音合強調	音合子局強調	通常	豪雨【夏】			豪雨【冬】			波【冬】	
									50dB	65dB	70dB	75dB	65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	○	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
2	○	○	○	○	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
3	○	○	○	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
4	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-
5	○	○	○	○	○	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-
6	○	○	○	○	○	-	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-
7	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
8	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
9	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-
10	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
11	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
12	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	○	-	-	-	-
13	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-
14	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-
15	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-
16	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
17	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
18	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-
19	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
20	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
21	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-
22	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
23	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
24	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-
25	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
26	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
27	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○

### 2.1.4.4.1.2. 評価方法

実験パターンの各放送に対して、下表の評価基準で採点を行った。

表 23 評価基準

評点	了解度	自然さ	聴き取りにくさ
5	すべての音節が聞き取れる	自然	聴き取りにくくはない
4	8割程度の音節が聞き取れる	それほど不自然ではない	それほど聴き取りにくくはない
3	5割程度の音節が聞き取れる	多少不自然	多少聴き取りにくい
2	2割程度の音節が聞き取れる	かなり不自然	かなり聴き取りにくい
1	ほとんどの音節が聞き取れない	非常に不自然	非常に聴き取りにくい

### 2.1.4.4.2. STI 測定

#### 2.1.4.4.2.1. 測定パターン

STI 測定は下記のパターンで実施した。

表 24 STI 測定パターン

No	スピーカー種	音声改善	通常騒音	豪雨			波	
				65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	レフレックス	なし	○	○	○	○	○	○
2	ホーン	子局強調	○	○	○	○	○	○
3	ラインアレイ	なし	○	○	○	○	○	○
4	A	子局強調	○	○	○	○	○	○
5	ラインアレイ	なし	○	○	○	○	○	○
6	B	子局強調	○	○	○	○	○	○

#### 2.1.4.4.2.2. 測定手順

STI 測定は聴感評価と同様に無響室で実施した。

放送用スピーカーと暗騒音スピーカーと騒音計の位置関係は、聴感評価と同様。

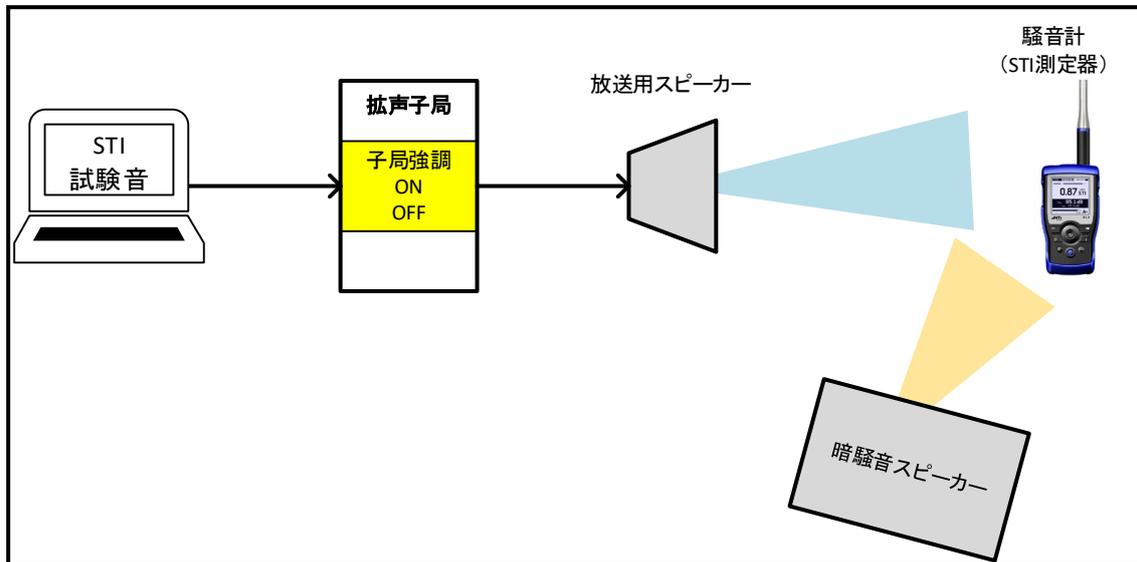


図 49 STI 測定系

STI 測定の流れを下記に示す。

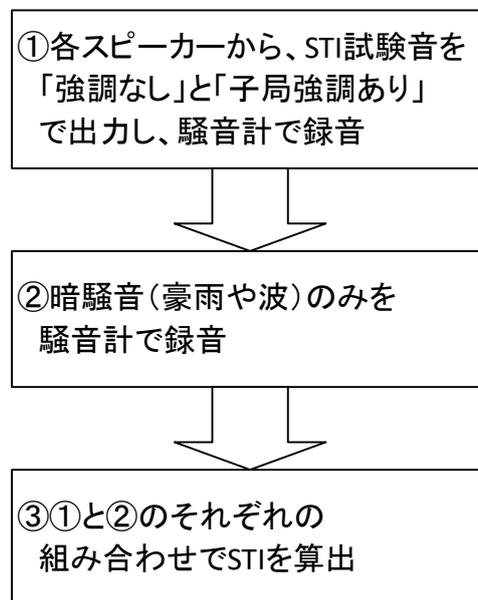


図 50 STI 測定フロー

## 2.1.4.5. 実験結果

### 2.1.4.5.1. 主観評価結果

聴感評価の結果を以下に示す。

#### 2.1.4.5.1.1. スピーカー種による違い【了解度】

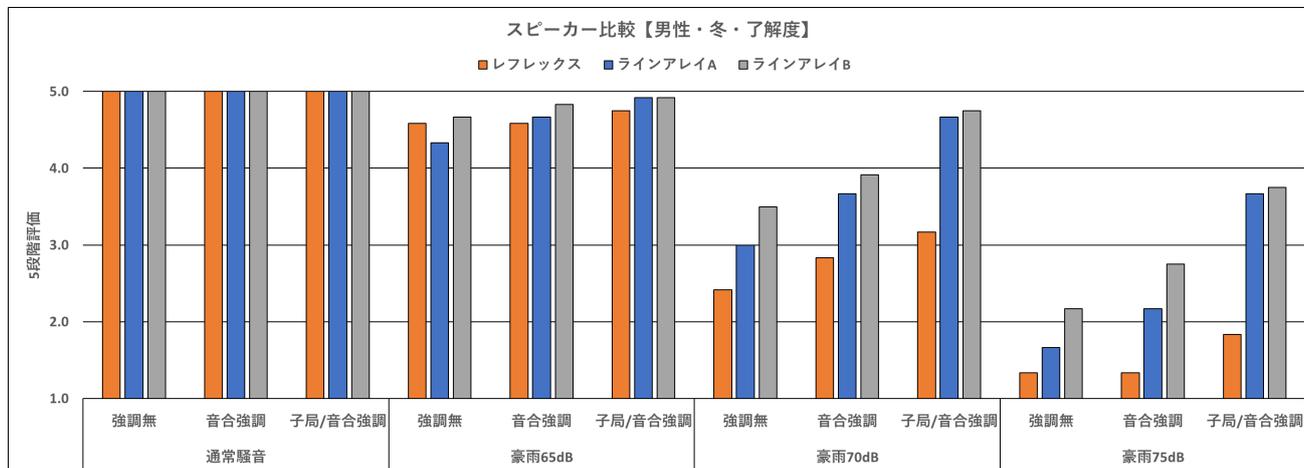


図 51 スピーカー比較【男性・冬・了解度・豪雨】

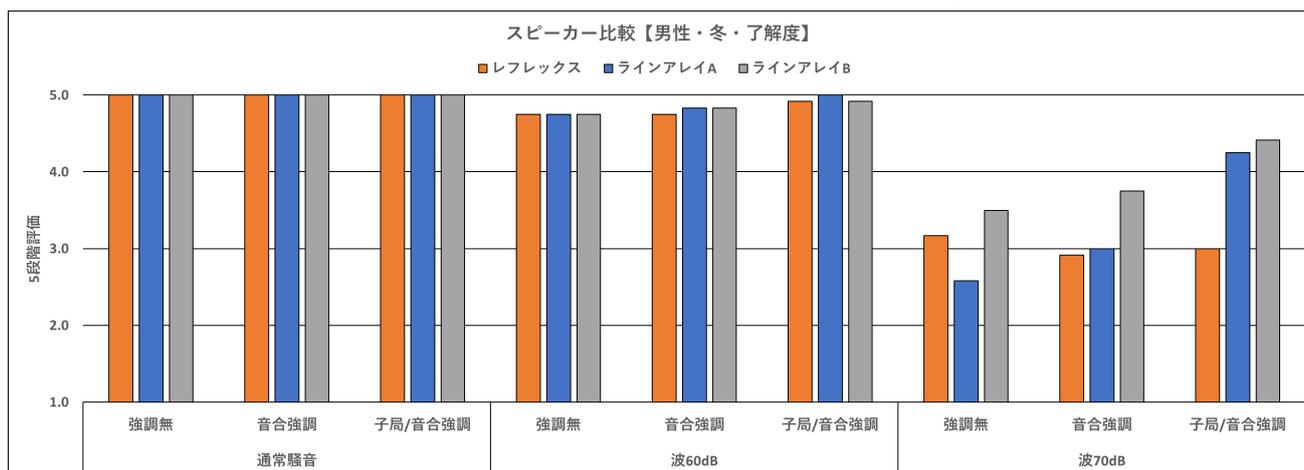


図 52 スピーカー比較【男性・冬・了解度・波】

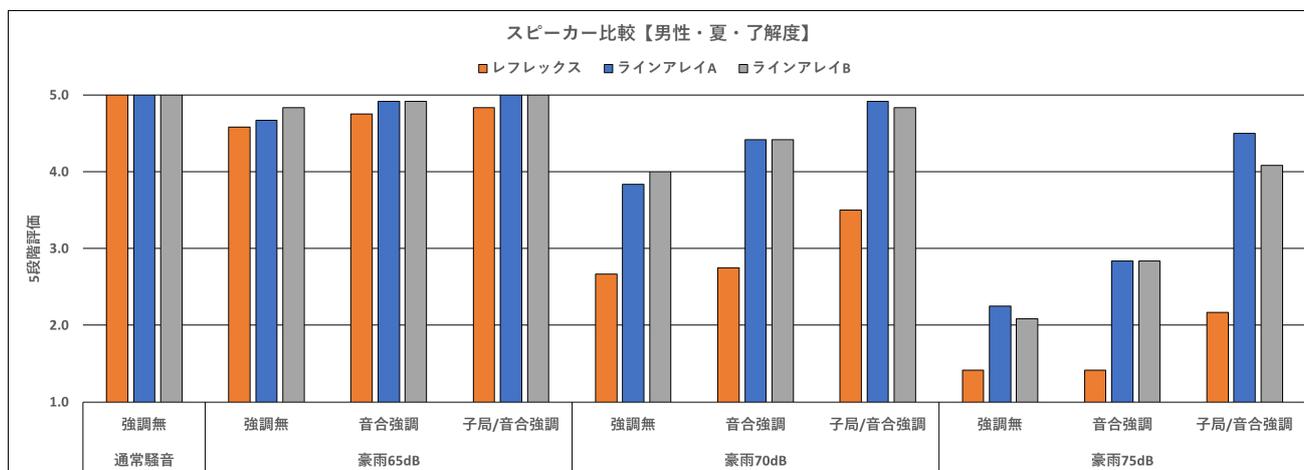


図 53 スピーカー比較【男性・夏・了解度・豪雨】

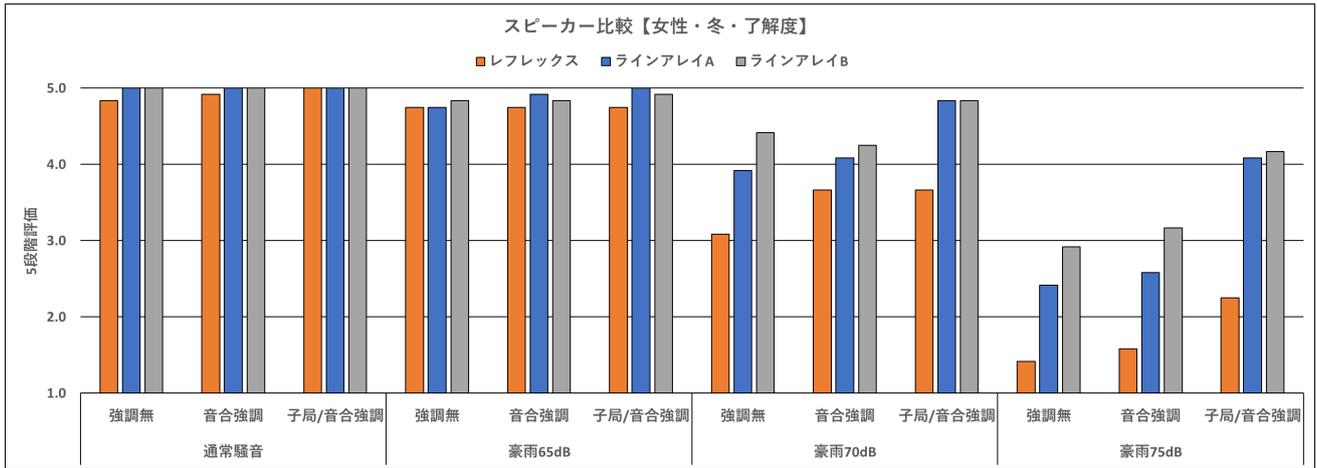


図 54 スピーカー比較【女性・冬・了解度・豪雨】

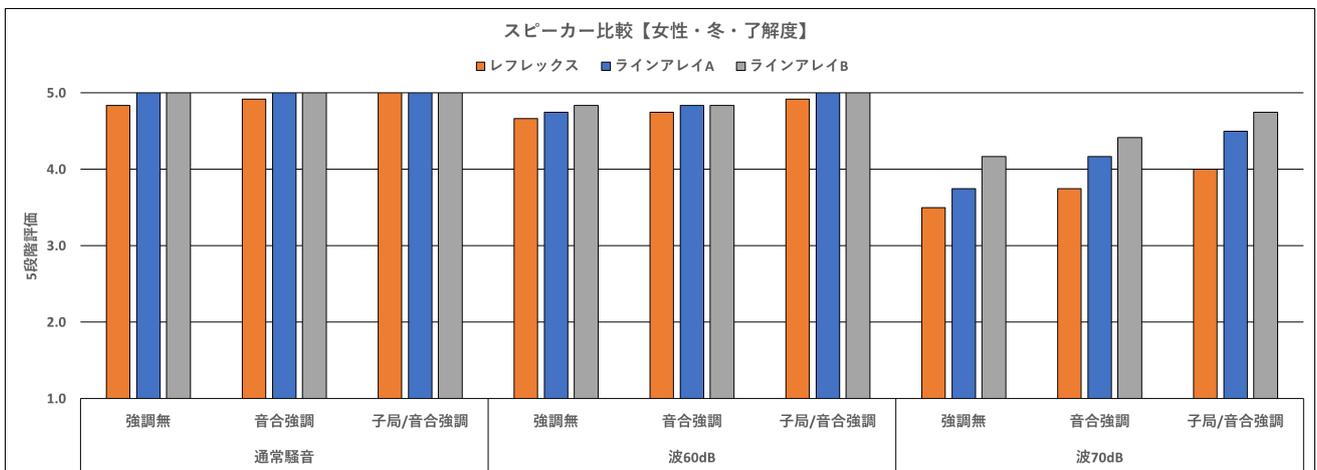


図 55 スピーカー比較【女性・冬・了解度・波】

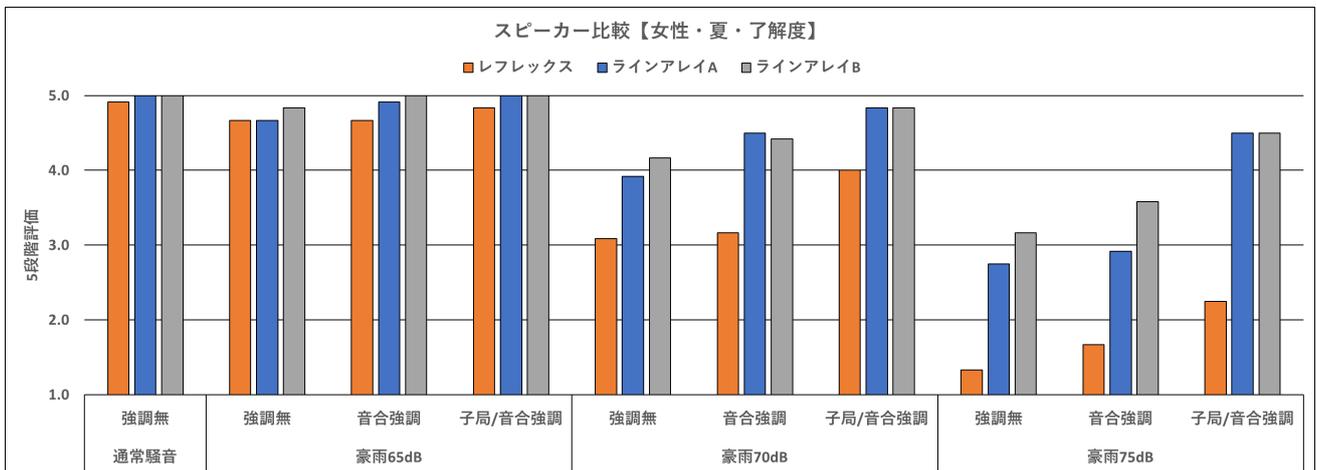


図 56 スピーカー比較【女性・夏・了解度・豪雨】

### 2.1.4.5.1.2. スピーカー種による違い【自然さ】

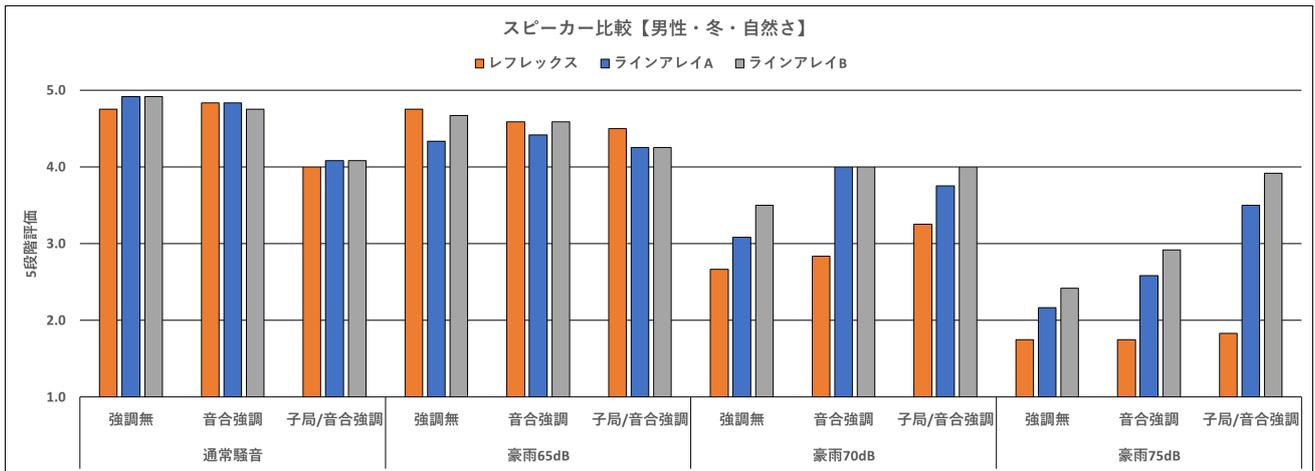


図 57 スピーカー比較【男性・冬・自然さ・豪雨】

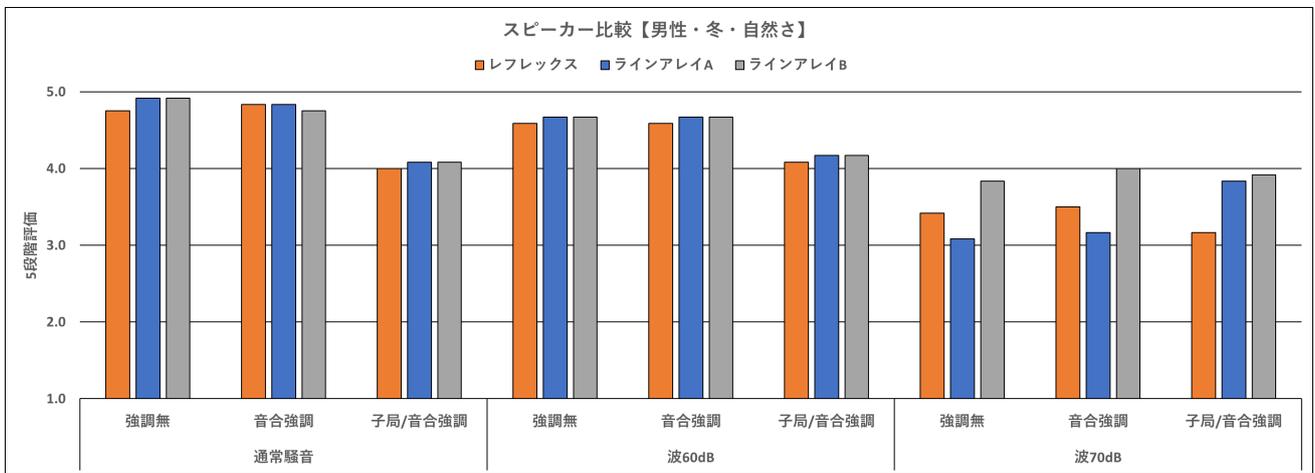


図 58 スピーカー比較【男性・冬・自然さ・波】

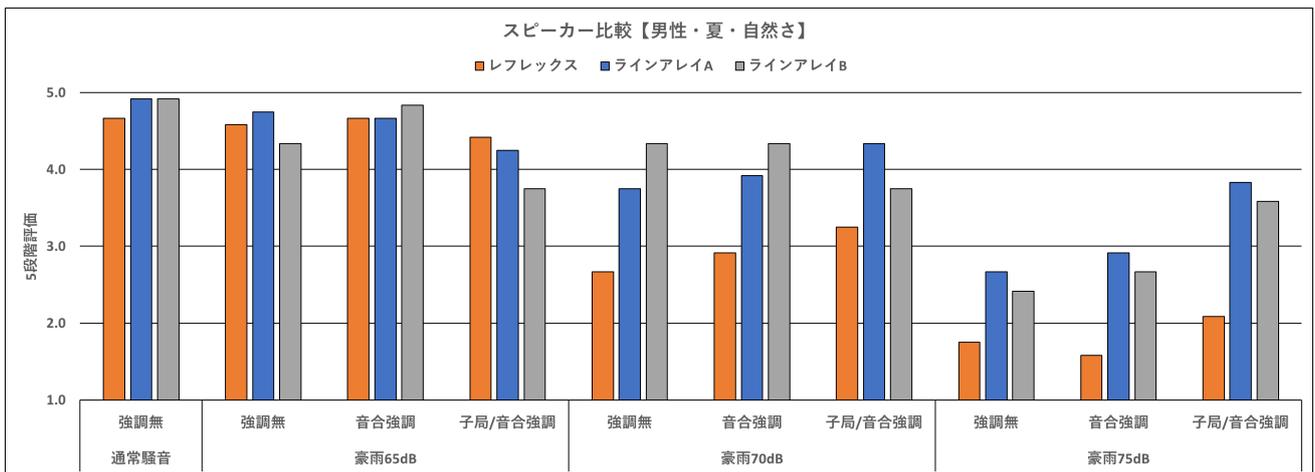


図 59 スピーカー比較【男性・夏・自然さ・豪雨】

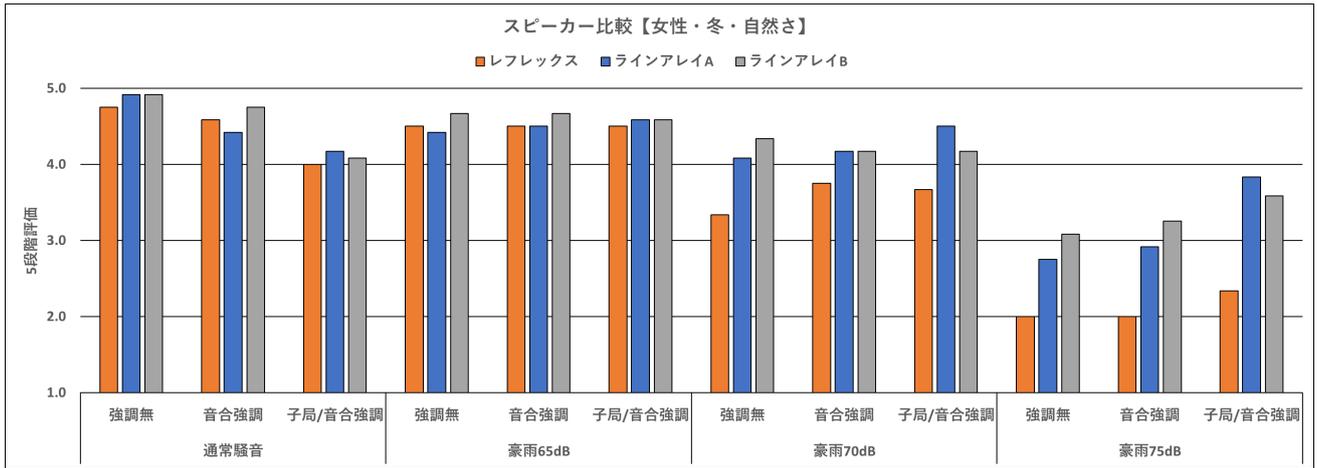


図 60 スピーカー比較【女性・冬・自然さ・豪雨】

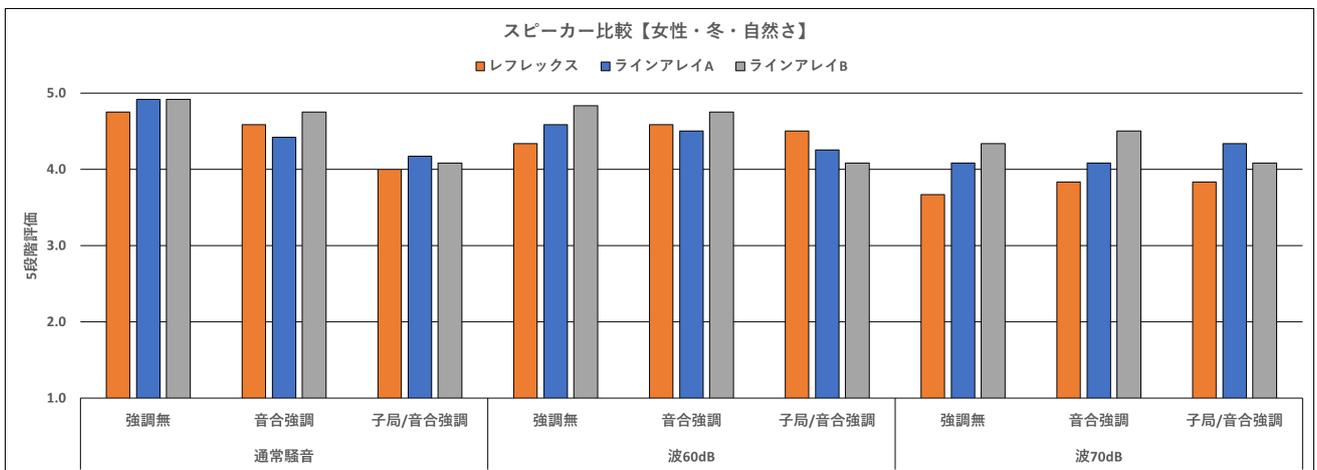


図 61 スピーカー比較【女性・冬・自然さ・波】

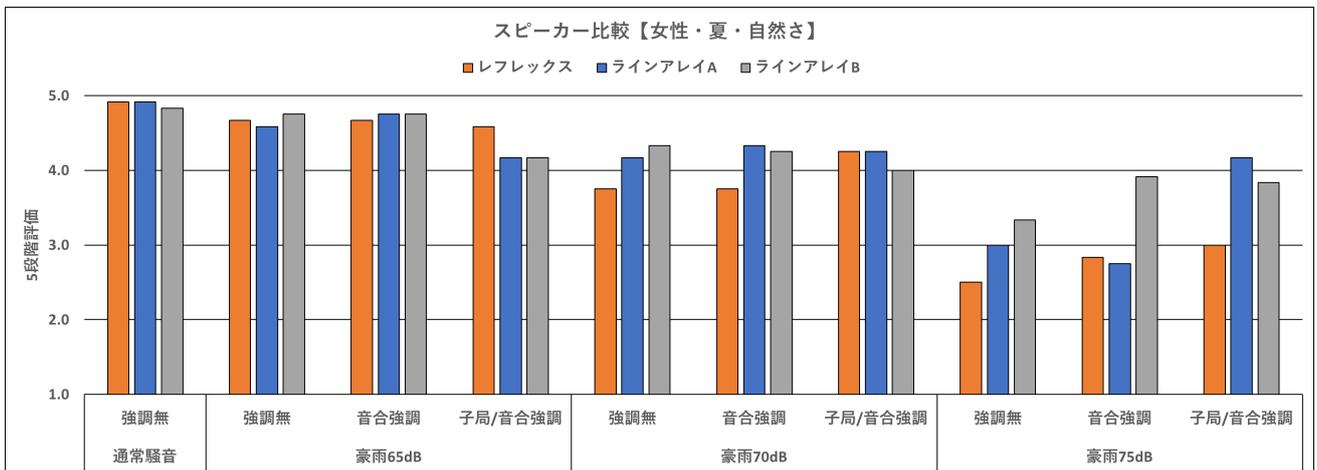


図 62 スピーカー比較【女性・夏・自然さ・豪雨】

### 2.1.4.5.1.3. スピーカー種による違い【聞き取りにくさ】

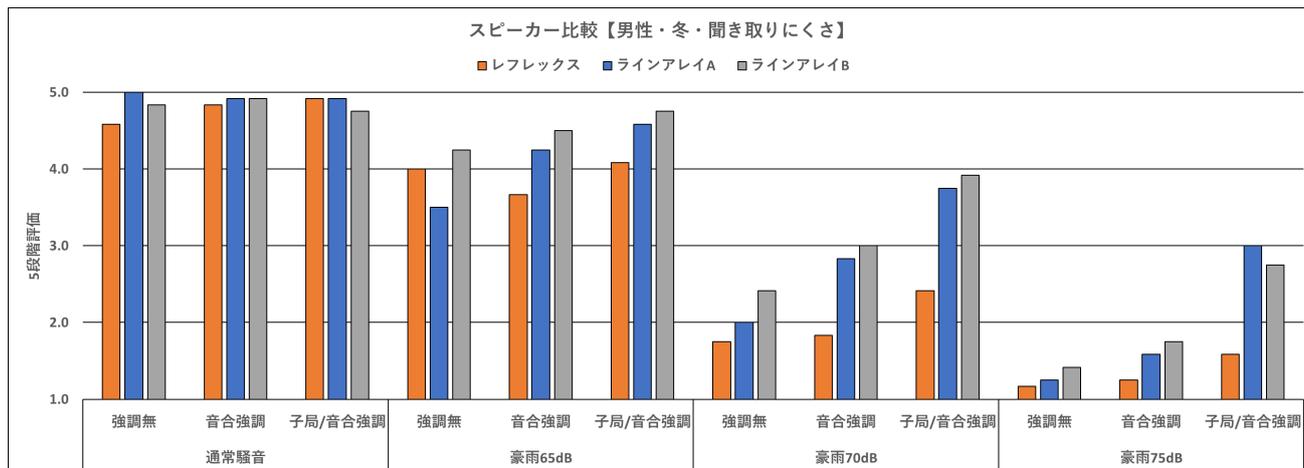


図 63 スピーカー比較【男性・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

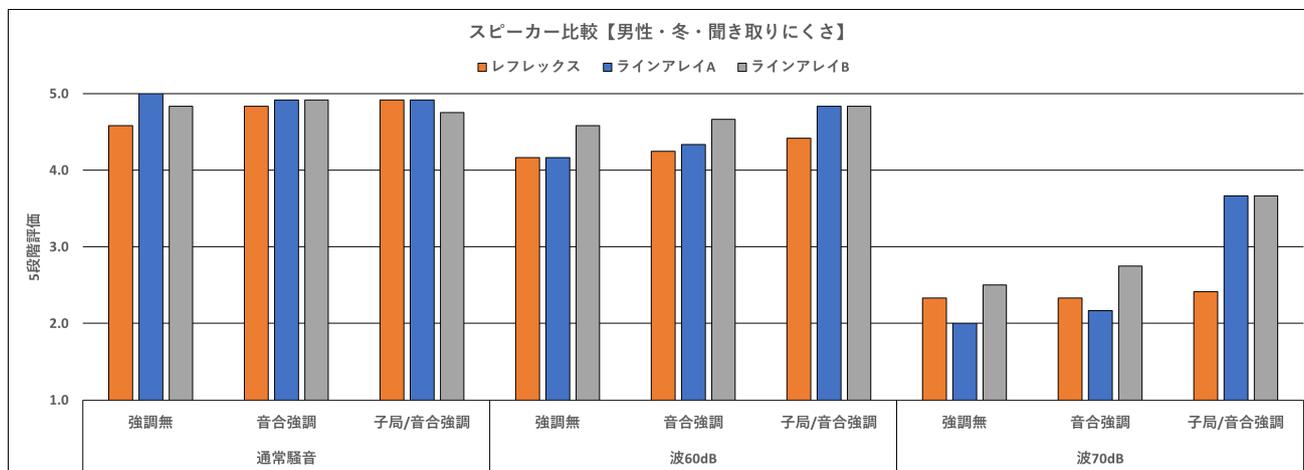


図 64 スピーカー比較【男性・冬・聞き取りにくさ・波】

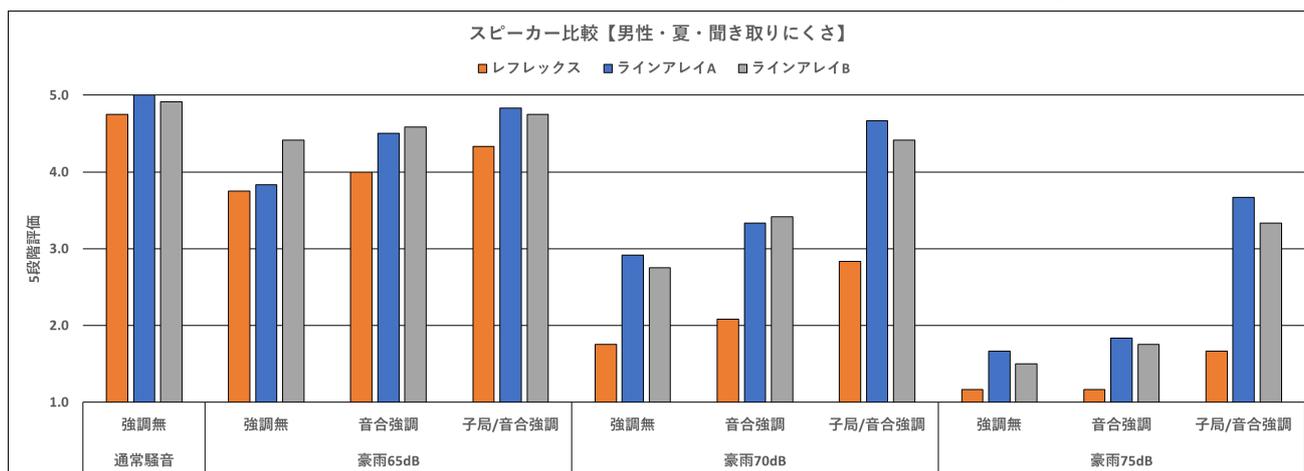


図 65 スピーカー比較【男性・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

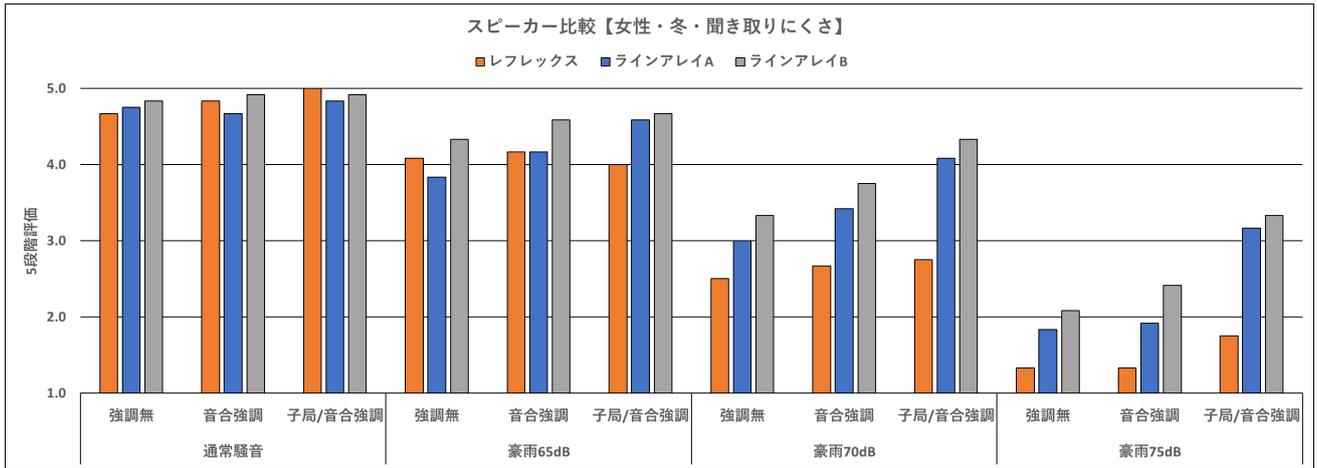


図 66 スピーカー比較【女性・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

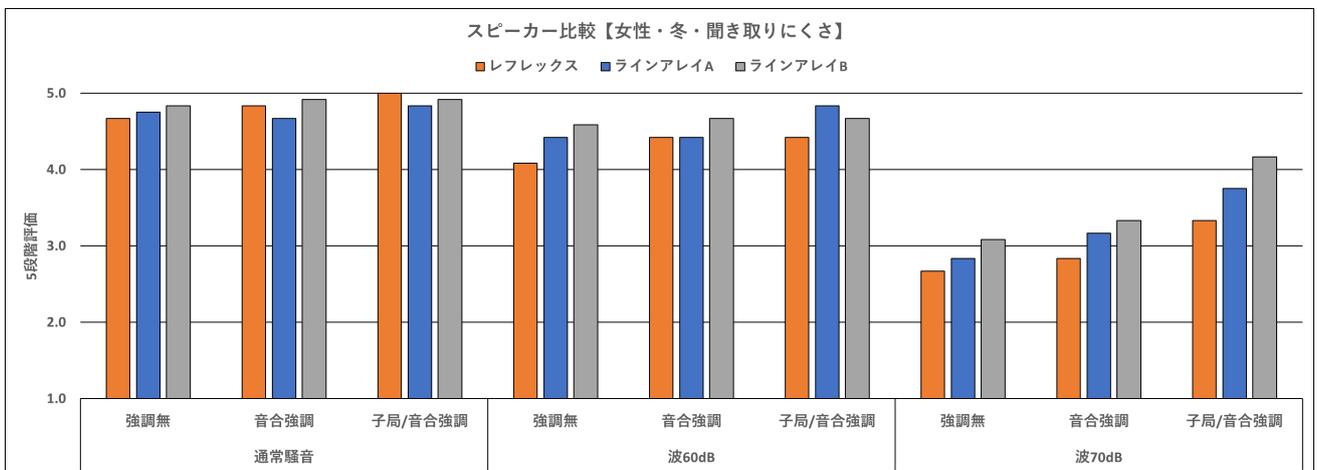


図 67 スピーカー比較【女性・冬・聞き取りにくさ・波】

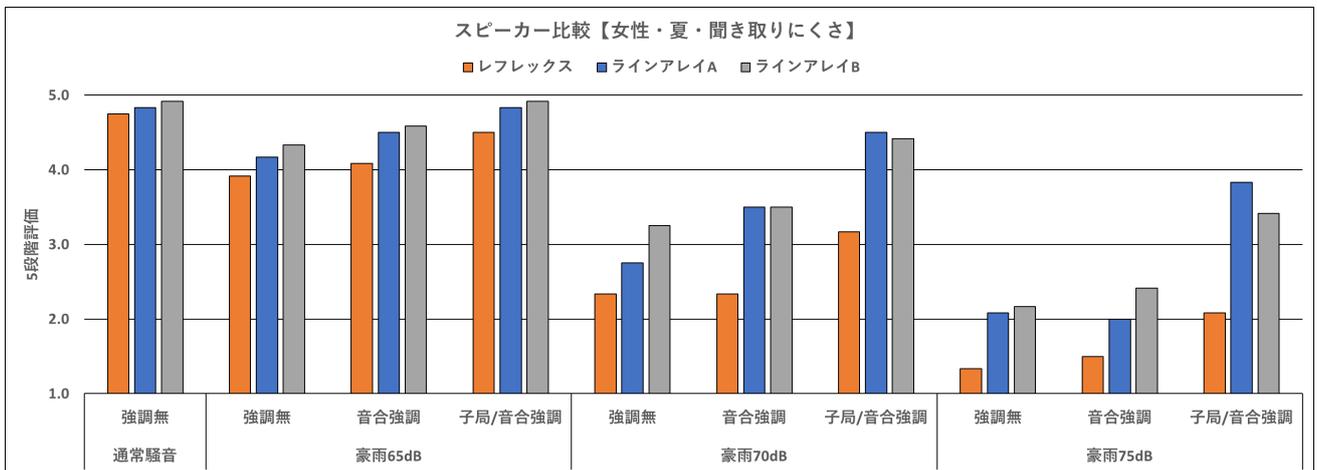


図 68 スピーカー比較【女性・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

### 2.1.4.5.1.4. 話者（男女）による違い【了解度】

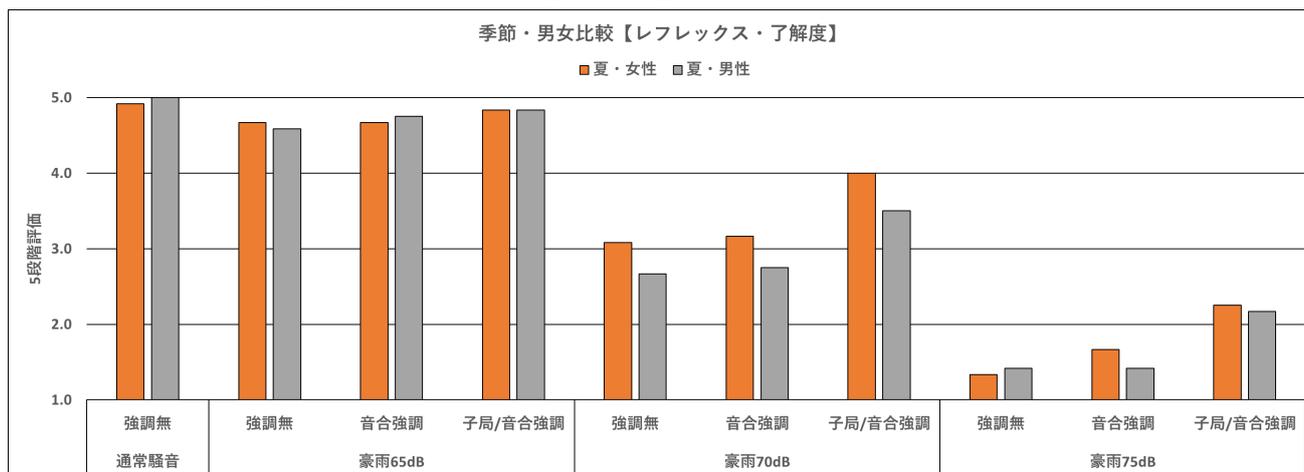


図 69 話者（男女）比較【レフレックス・夏・了解度・豪雨】

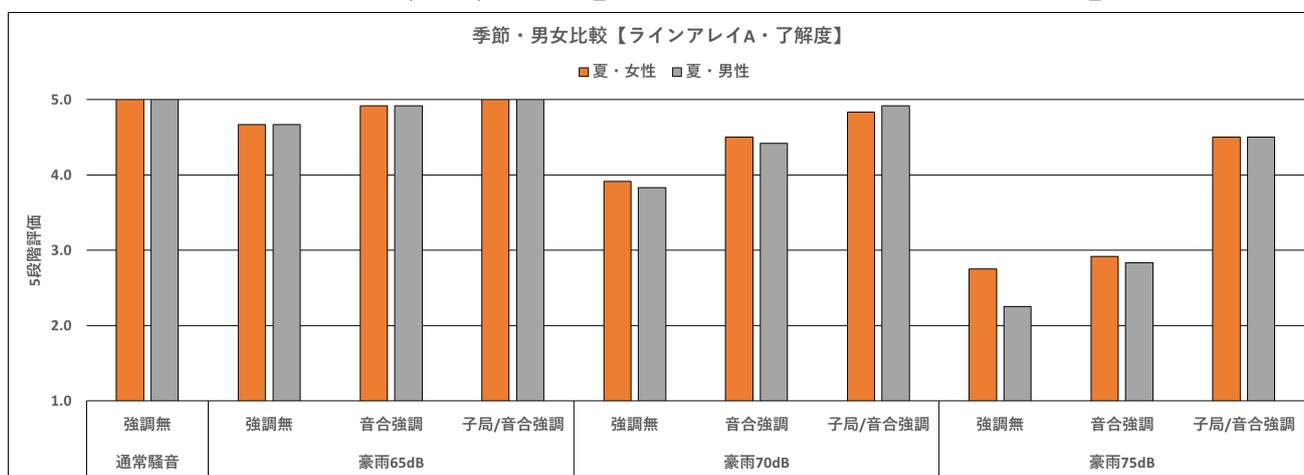


図 70 話者（男女）比較【ラインアレイ A・夏・了解度・豪雨】

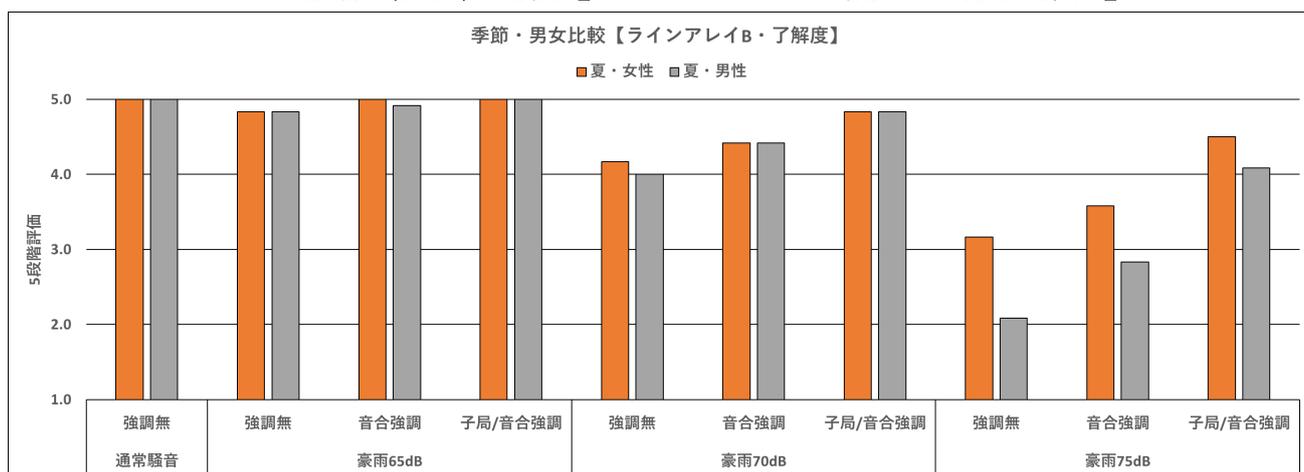


図 71 話者（男女）比較【ラインアレイ B・夏・了解度・豪雨】

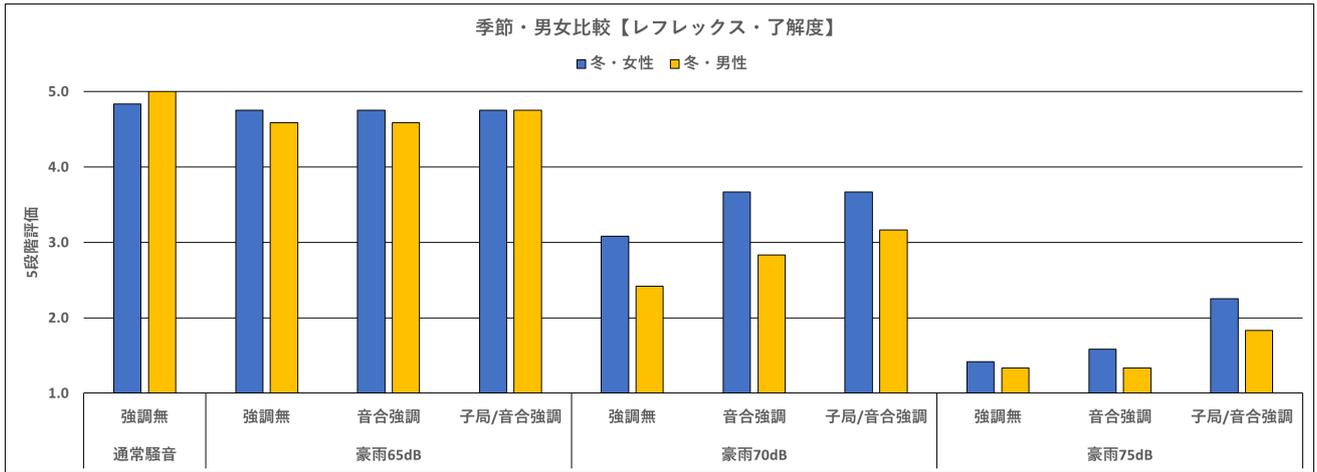


図 72 話者（男女）比較【レフレックス・冬・了解度・豪雨】

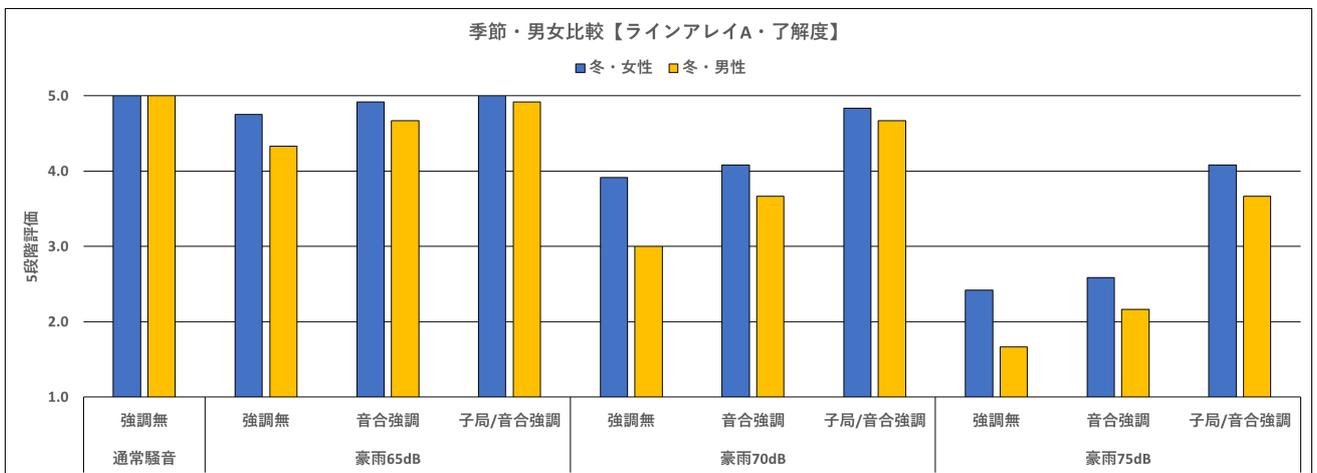


図 73 話者（男女）比較【ラインアレイ A・冬・了解度・豪雨】

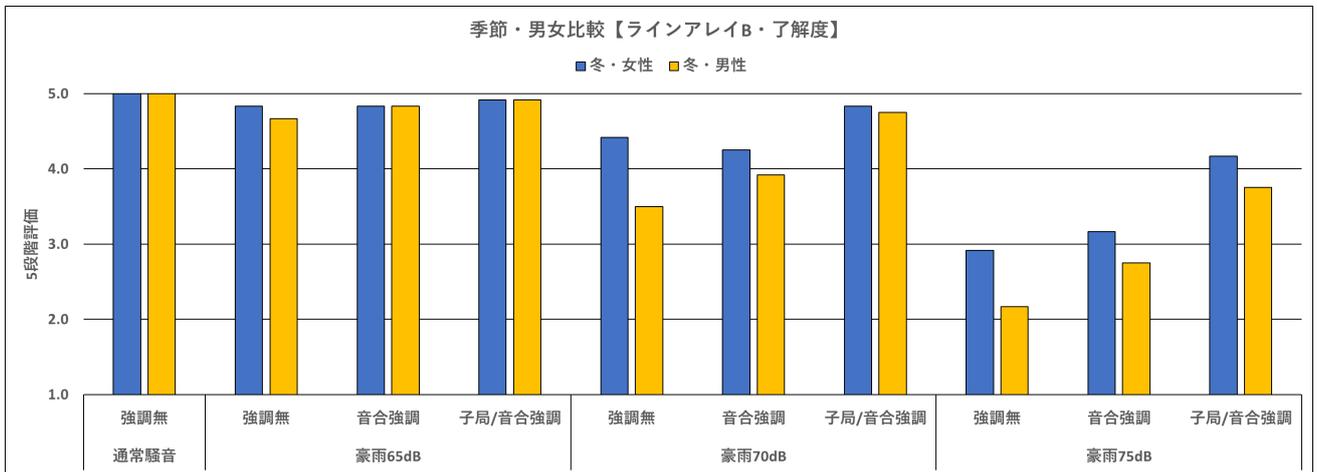


図 74 話者（男女）比較【ラインアレイ B・冬・了解度・豪雨】

### 2.1.4.5.1.5. 話者（男女）による違い【自然さ】

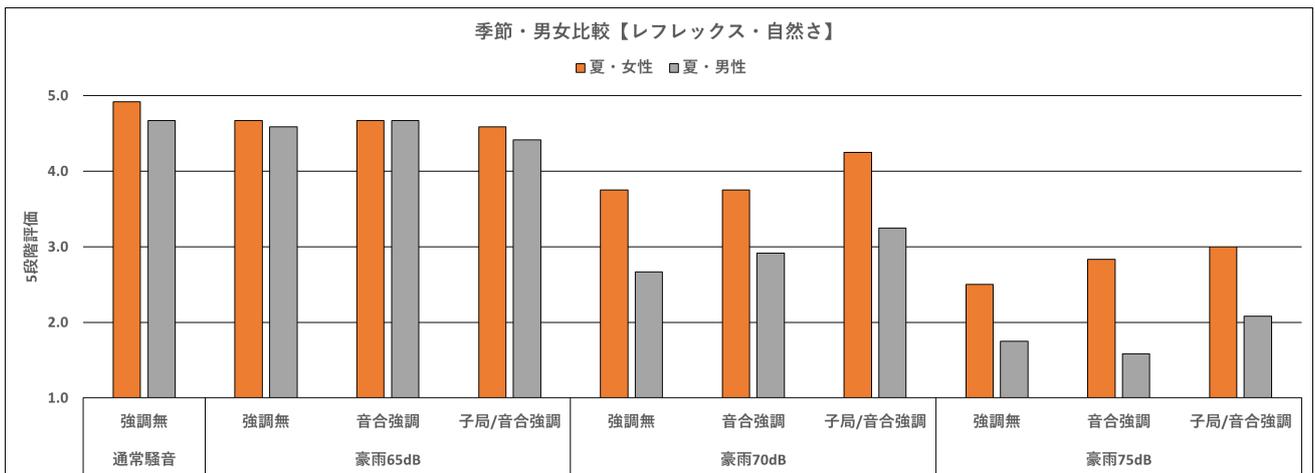


図 75 話者（男女）比較【レフレックス・夏・自然さ・豪雨】

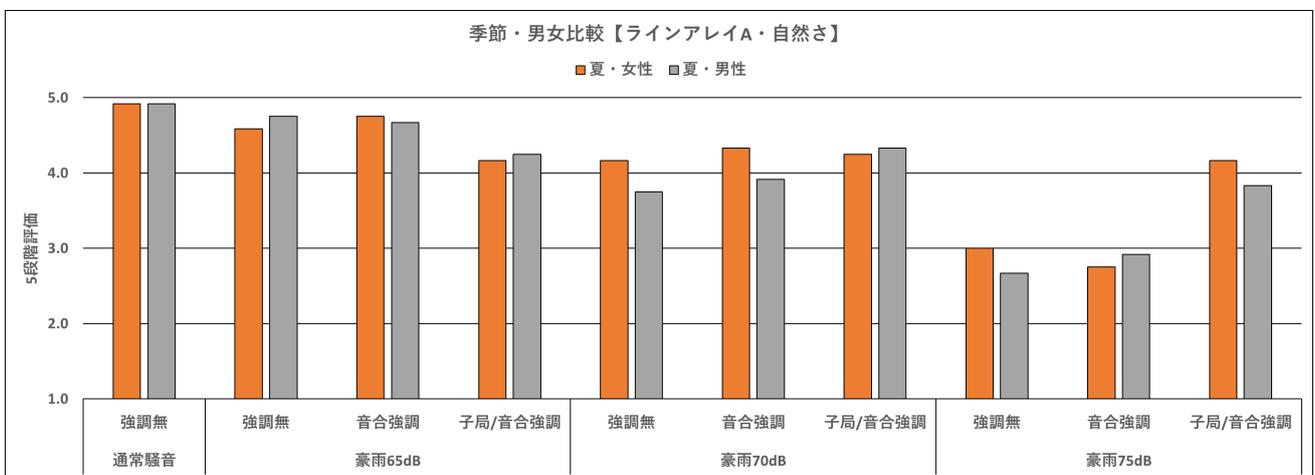


図 76 話者（男女）比較【ラインアレイ A・夏・自然さ・豪雨】

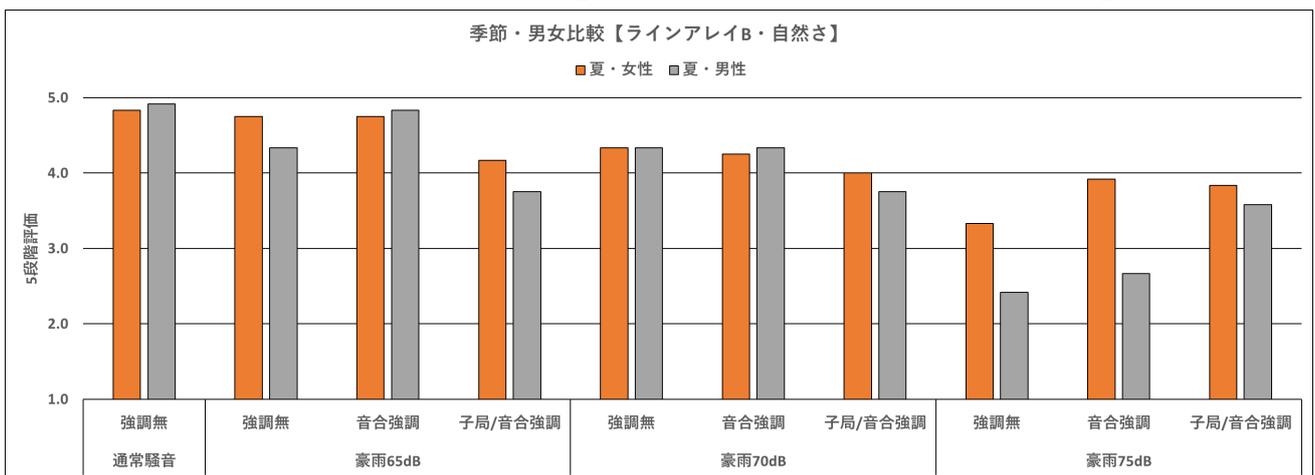


図 77 話者（男女）比較【ラインアレイ B・夏・自然さ・豪雨】

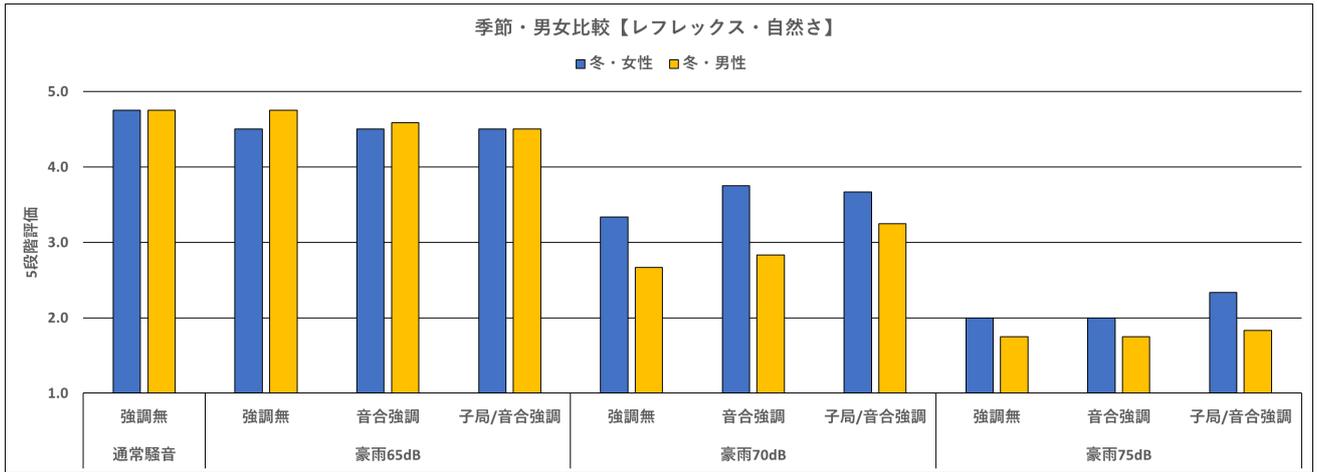


図 78 話者（男女）比較【レフレックス・冬・自然さ・豪雨】

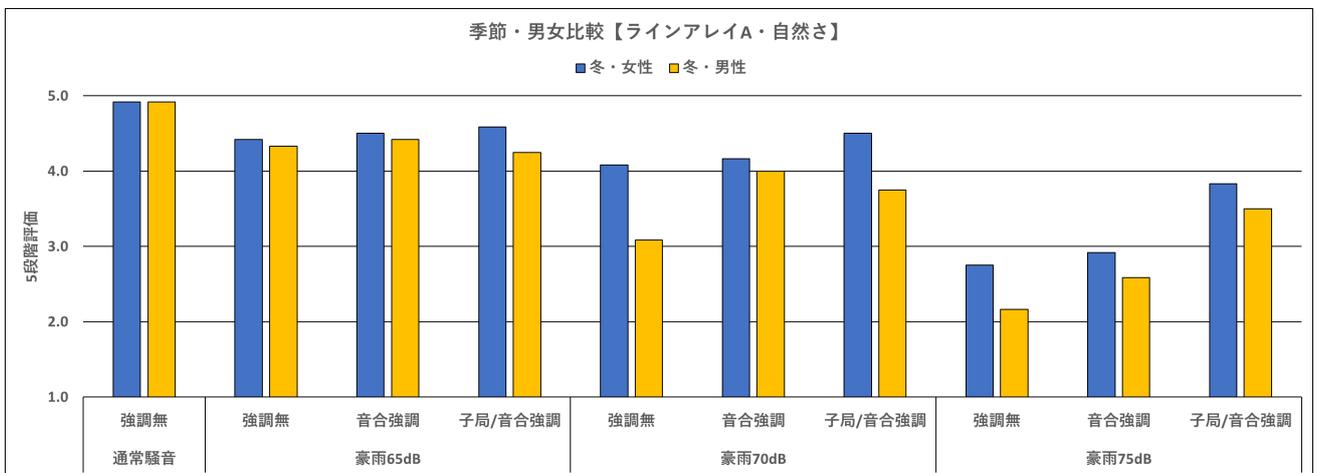


図 79 話者（男女）比較【ラインアレイ A・冬・自然さ・豪雨】

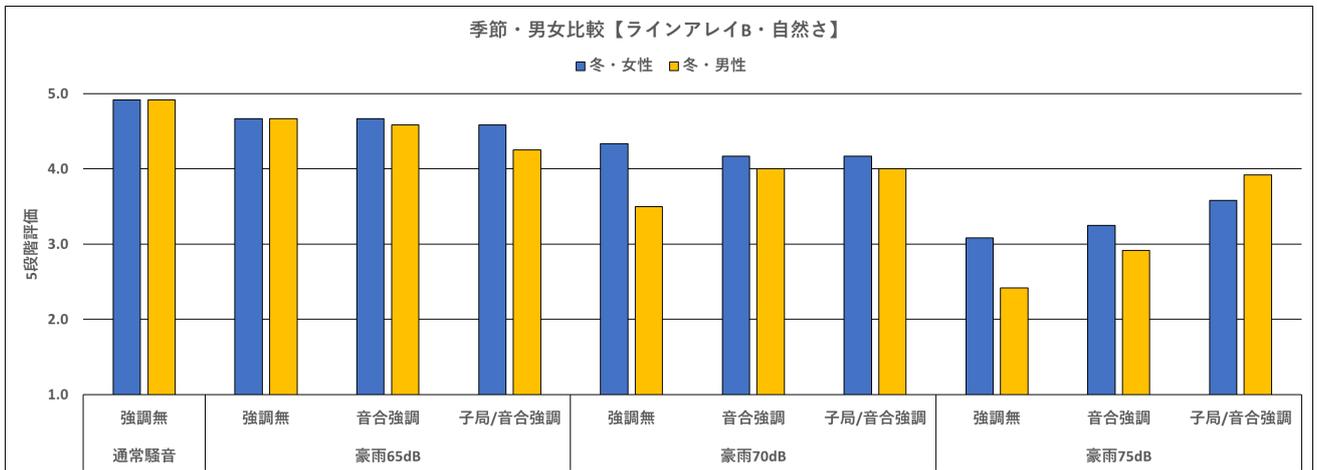


図 80 話者（男女）比較【ラインアレイ B・冬・自然さ・豪雨】

### 2.1.4.5.1.6. 話者（男女）による違い【聞き取りにくさ】

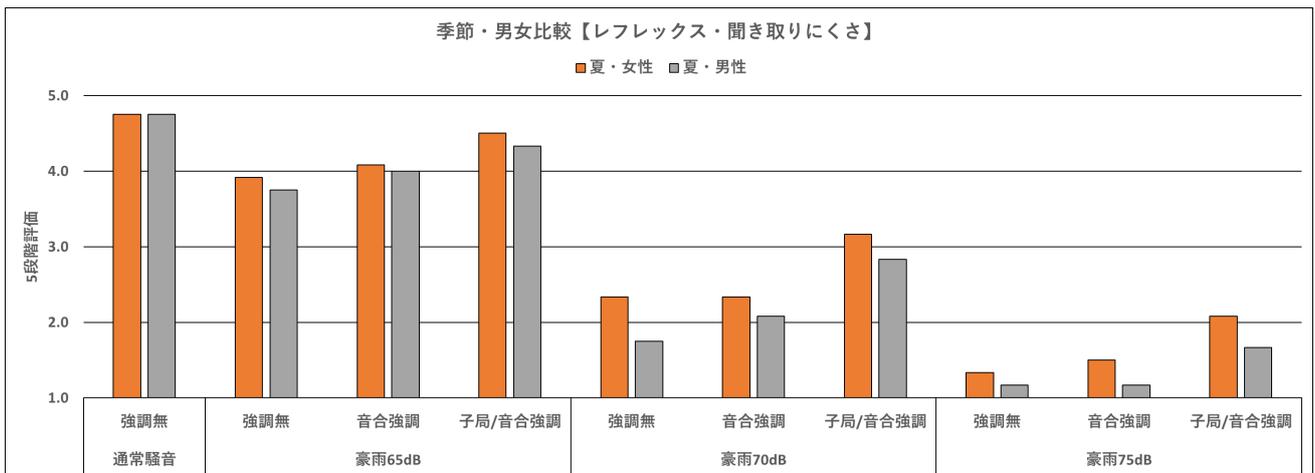


図 81 話者（男女）比較【レフレックス・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

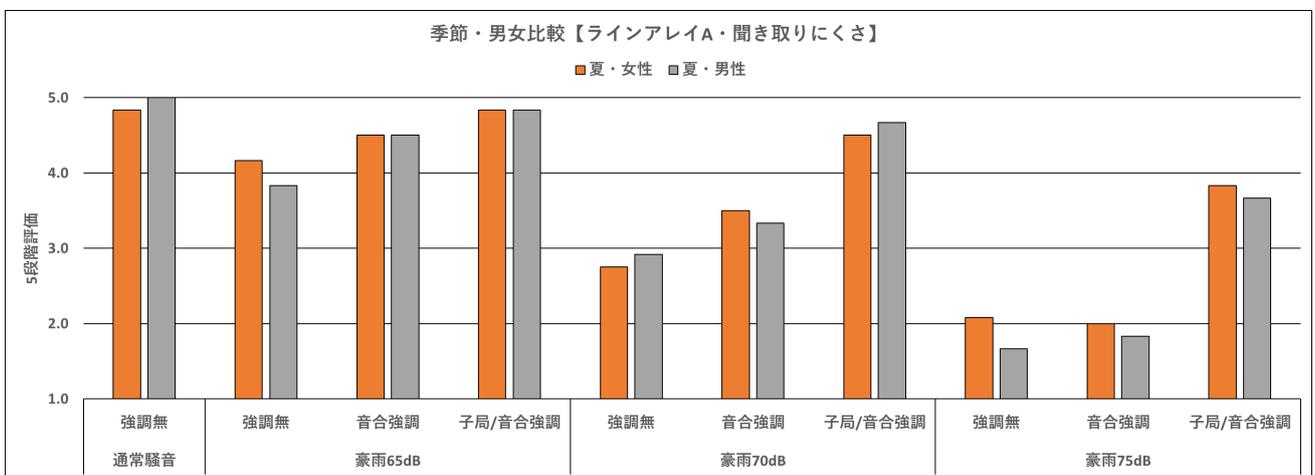


図 82 話者（男女）比較【ラインアレイ A・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

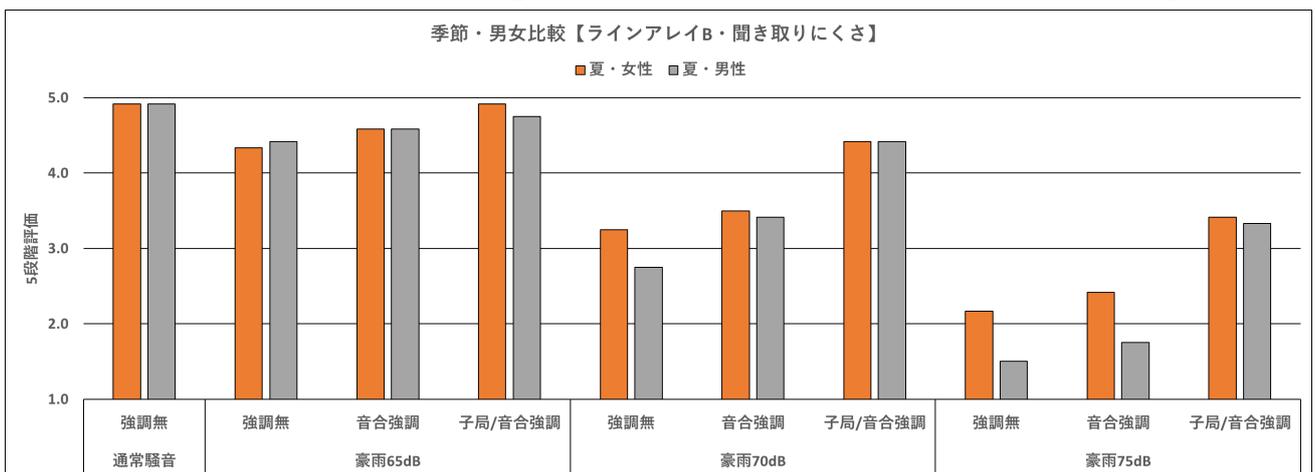


図 83 話者（男女）比較【ラインアレイ B・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

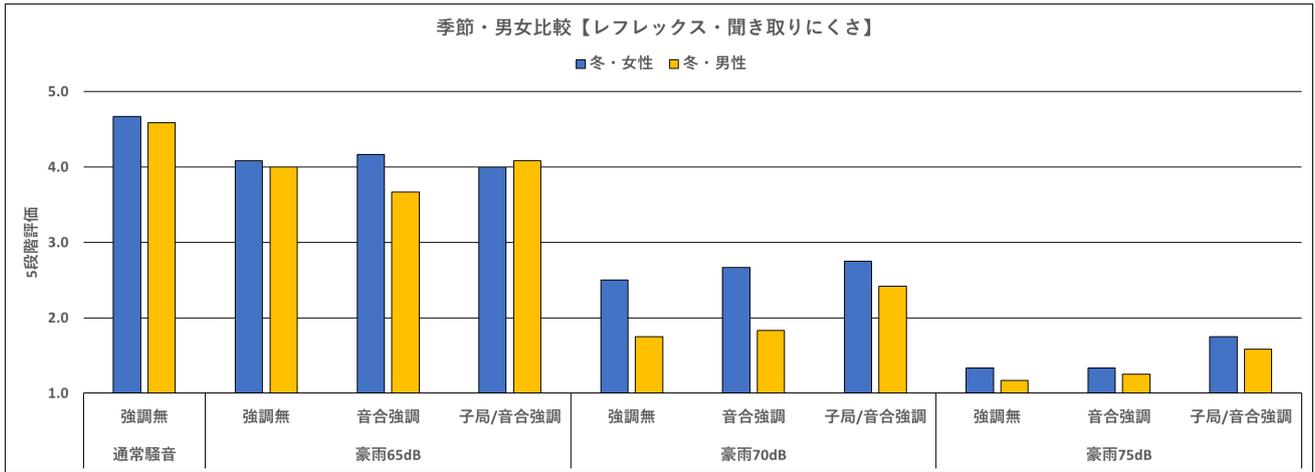


図 84 話者（男女）比較【レフレックス・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

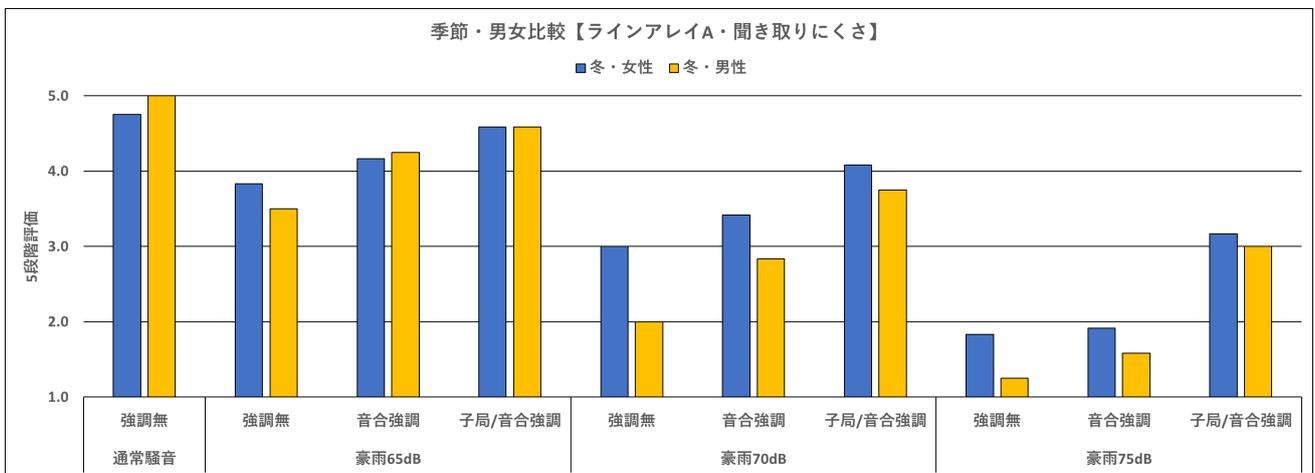


図 85 話者（男女）比較【ラインアレイ A・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

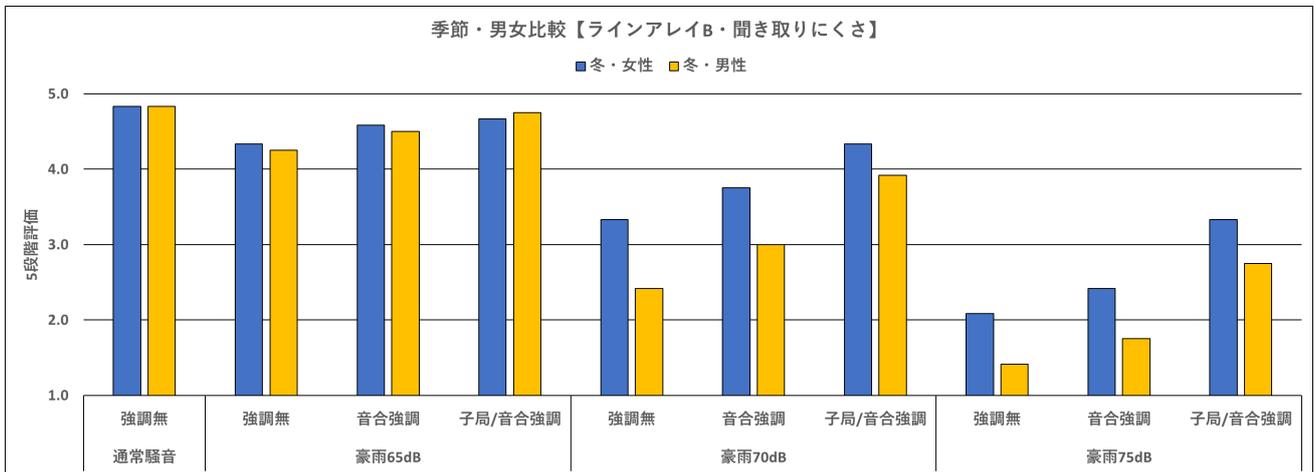


図 86 話者（男女）比較【ラインアレイ B・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

### 2.1.4.5.1.7. 季節による違い【了解度】

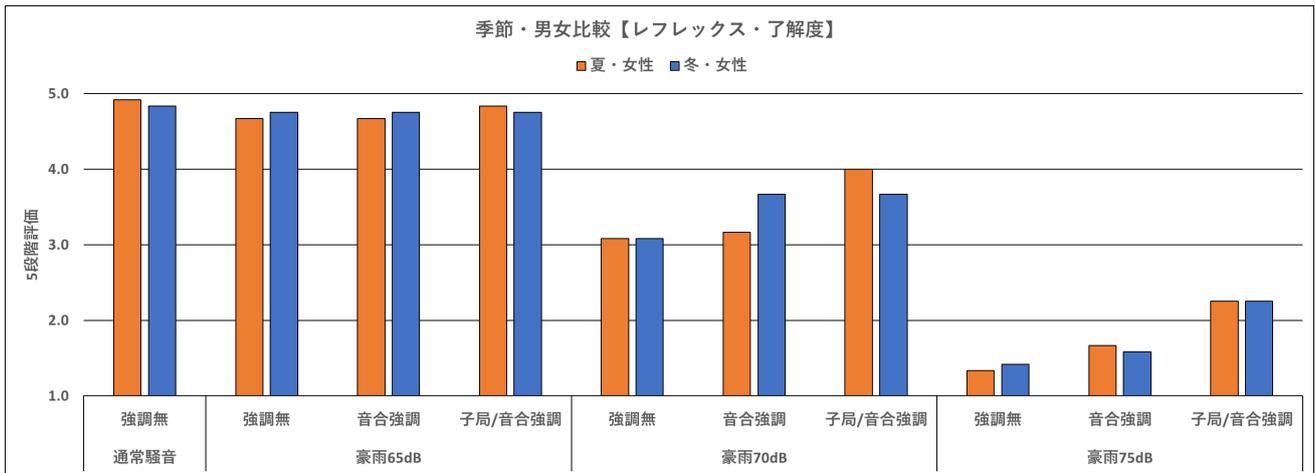


図 87 季節（夏冬）比較【レフレックス・女性・了解度・豪雨】

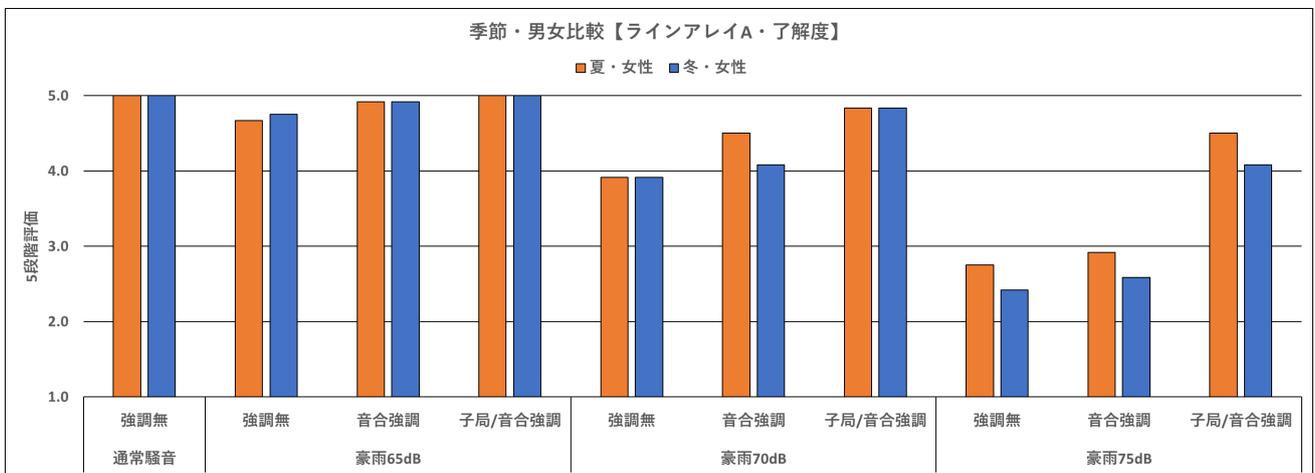


図 88 季節（夏冬）比較【ラインアレイ A・女性・了解度・豪雨】

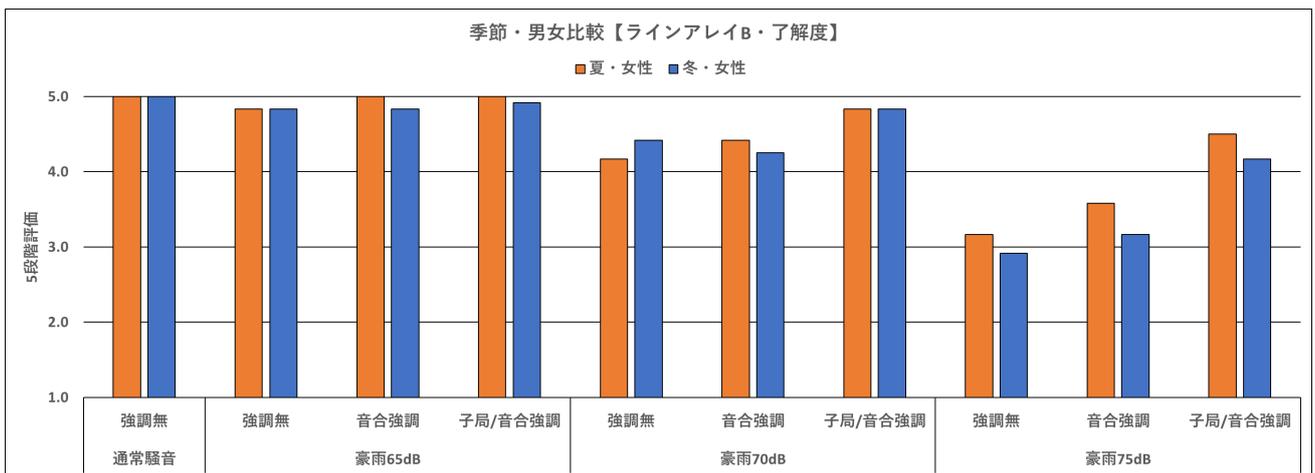


図 89 季節（夏冬）比較【ラインアレイ B・女性・了解度・豪雨】

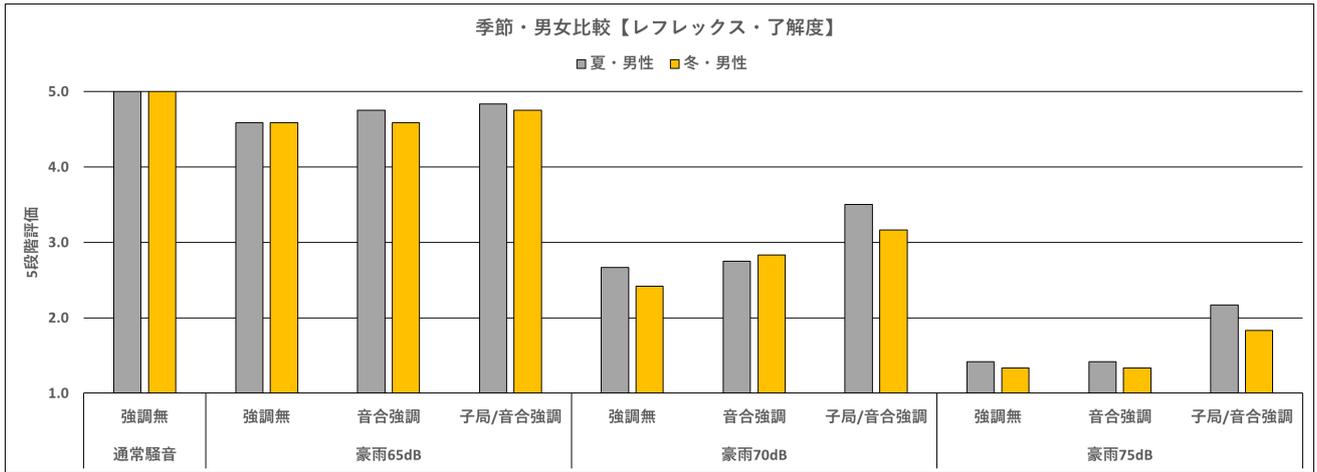


図 90 季節（夏冬）比較【レフレックス・男性・了解度・豪雨】

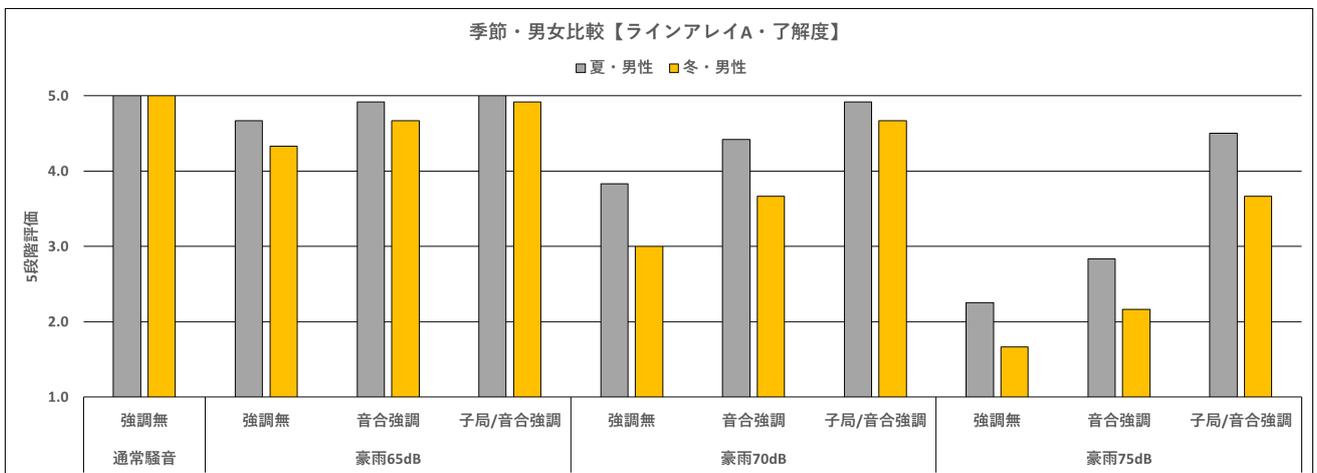


図 91 季節（夏冬）比較【ラインアレイ A・男性・了解度・豪雨】

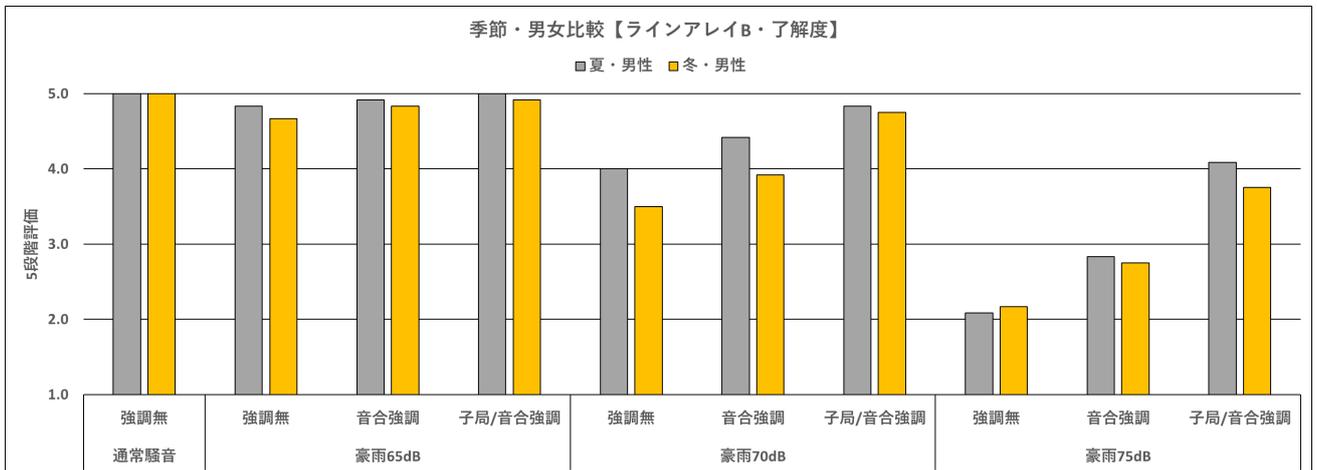


図 92 季節（夏冬）比較【ラインアレイ B・男性・了解度・豪雨】

### 2.1.4.5.1.8. 季節による違い【自然さ】

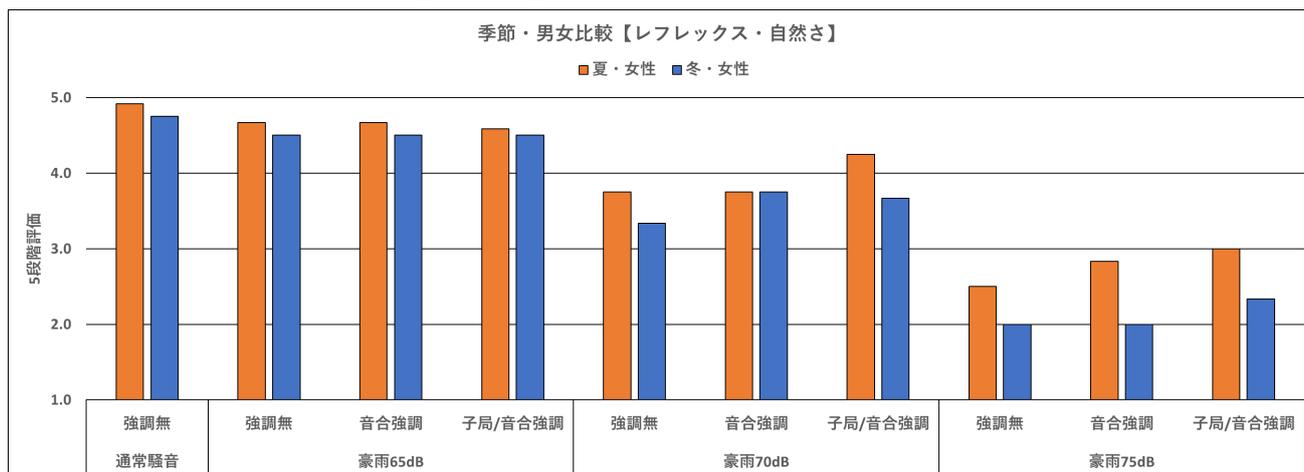


図 93 季節（夏冬）比較【レフレックス・女性・自然さ・豪雨】

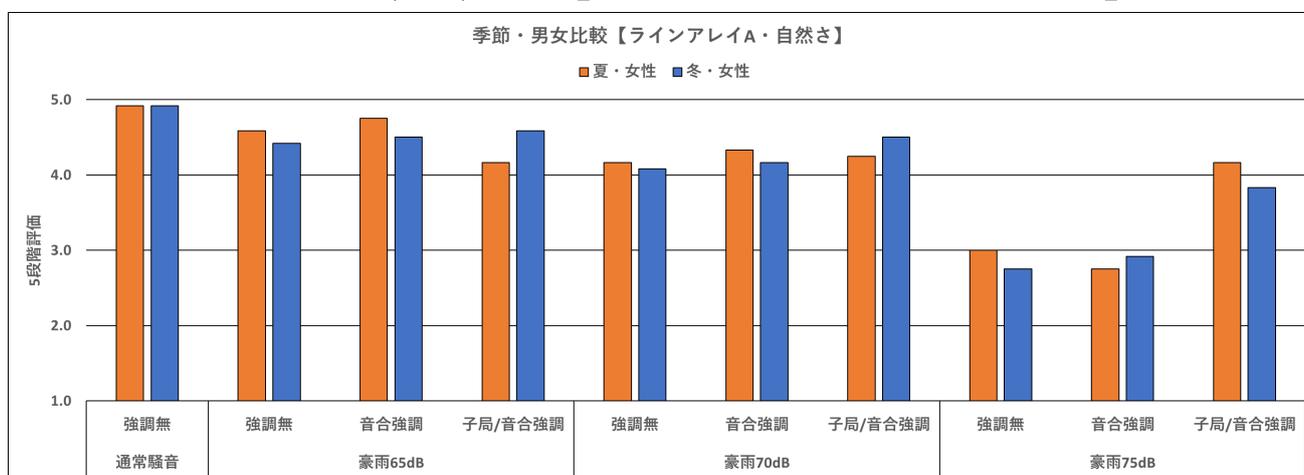


図 94 季節（夏冬）比較【ラインアレイ A・女性・自然さ・豪雨】

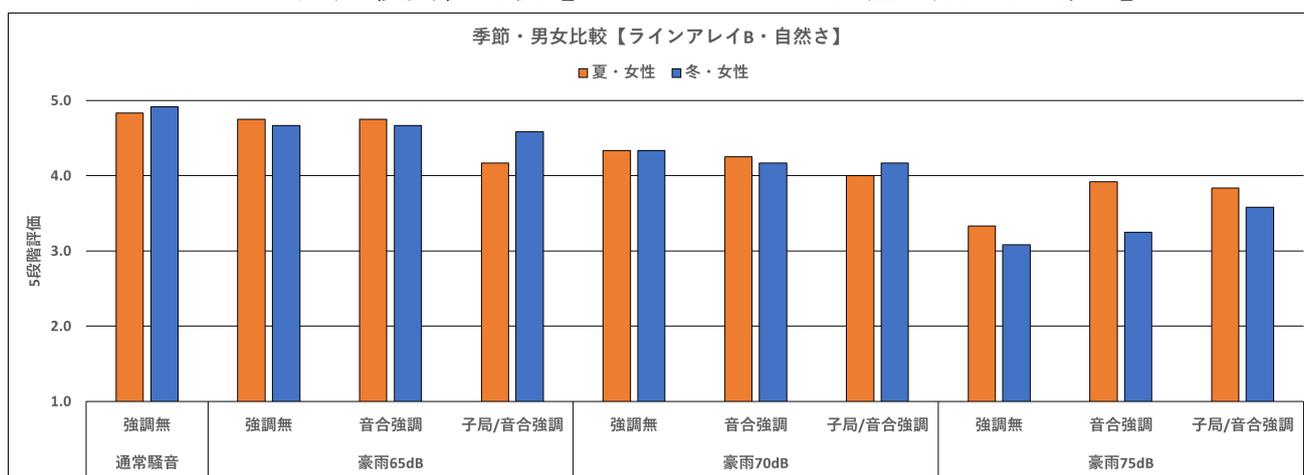


図 95 季節（夏冬）比較【ラインアレイ B・女性・自然さ・豪雨】

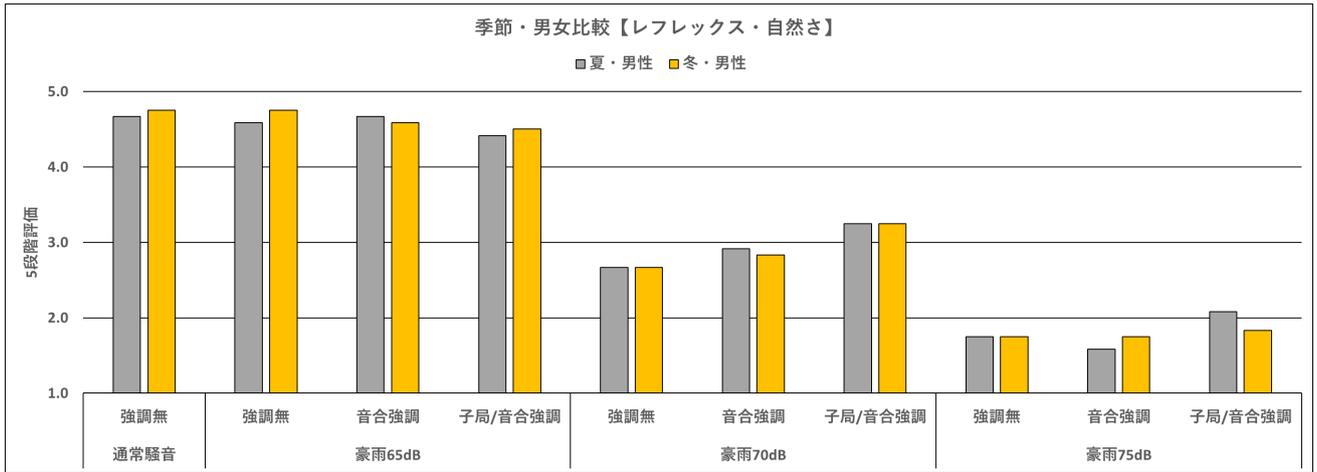


図 96 季節（夏冬）比較【レフレックス・男性・自然さ・豪雨】

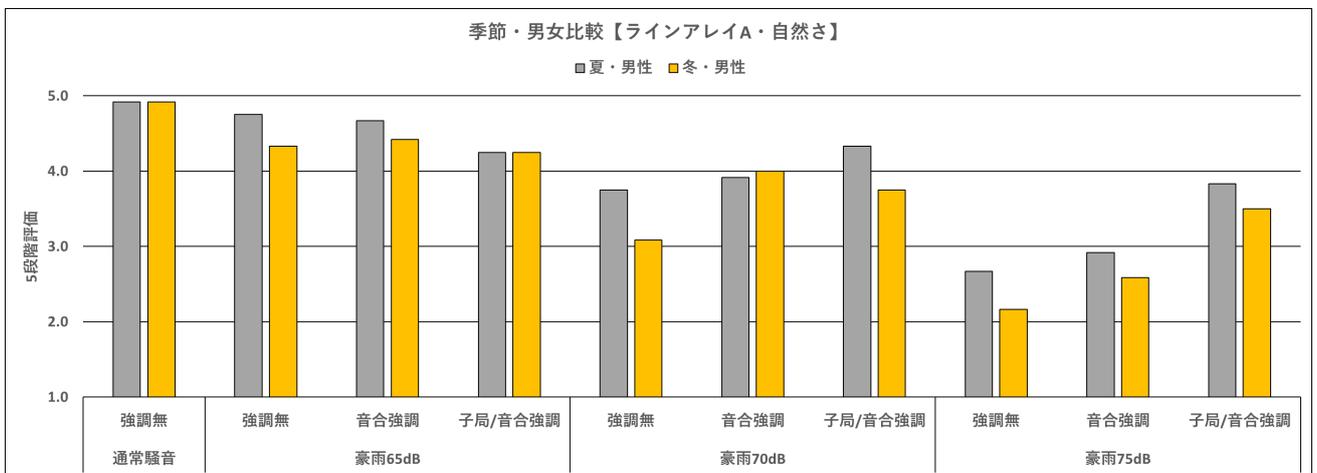


図 97 季節（夏冬）比較【ラインアレイ A・男性・自然さ・豪雨】

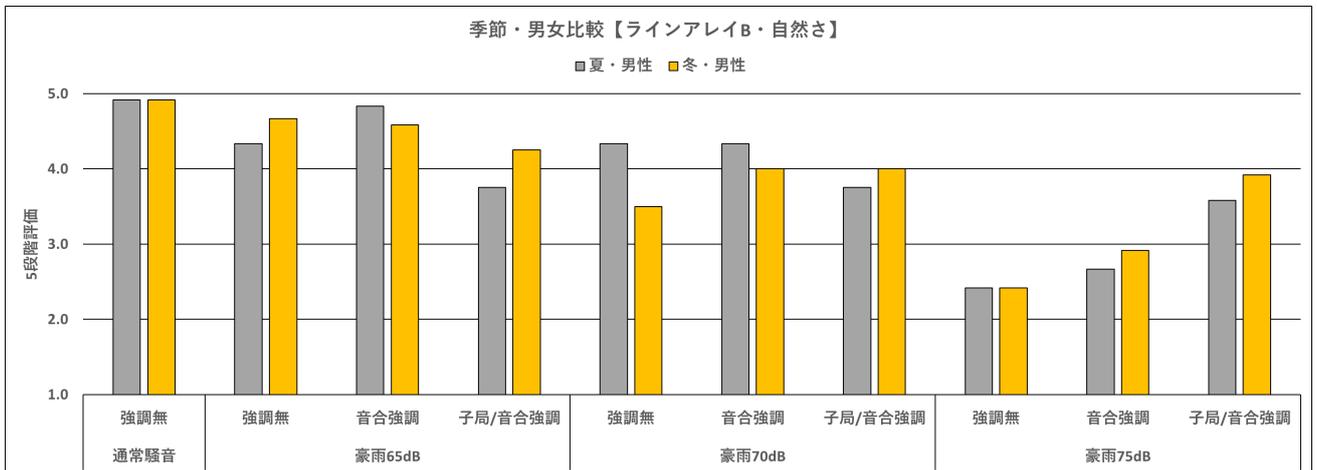


図 98 季節（夏冬）比較【ラインアレイ B・男性・自然さ・豪雨】

### 2.1.4.5.1.9. 季節による違い【聞き取りにくさ】

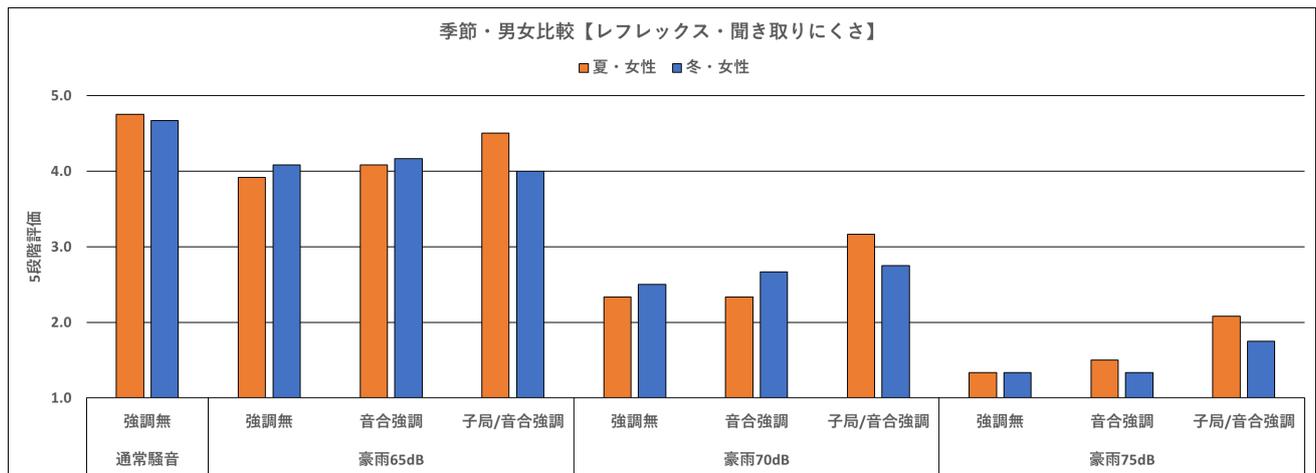


図 99 季節（夏冬）比較【レフレックス・女性・聞き取りにくさ・豪雨】

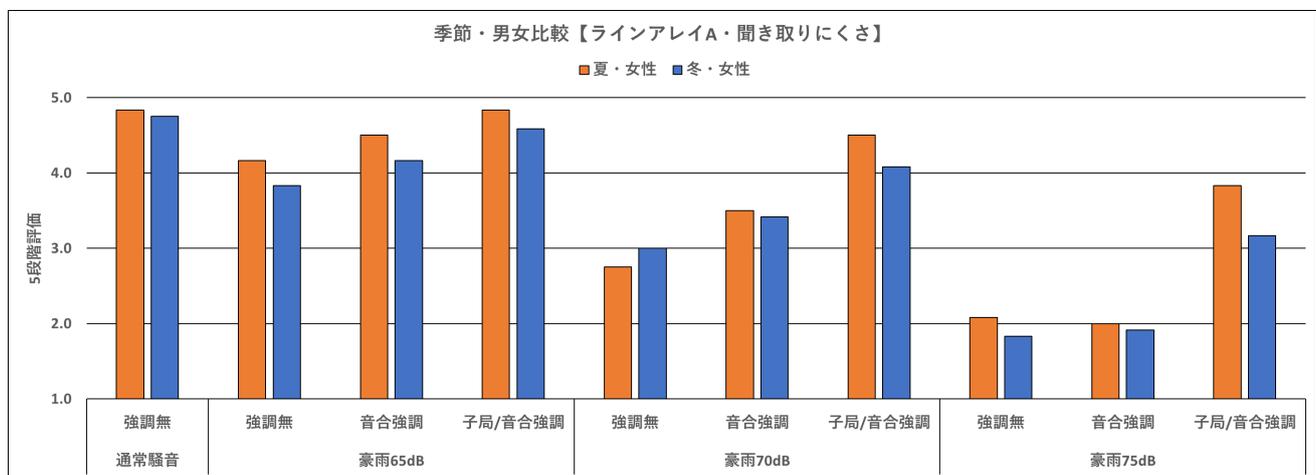


図 100 季節（夏冬）比較【ラインアレイA・女性・聞き取りにくさ・豪雨】

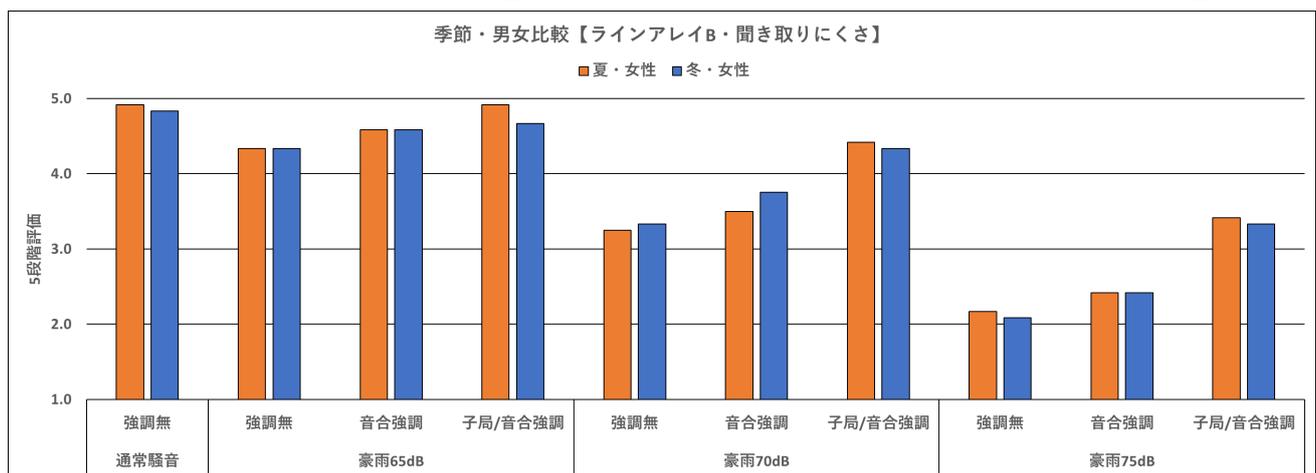


図 101 季節（夏冬）比較【ラインアレイB・女性・聞き取りにくさ・豪雨】

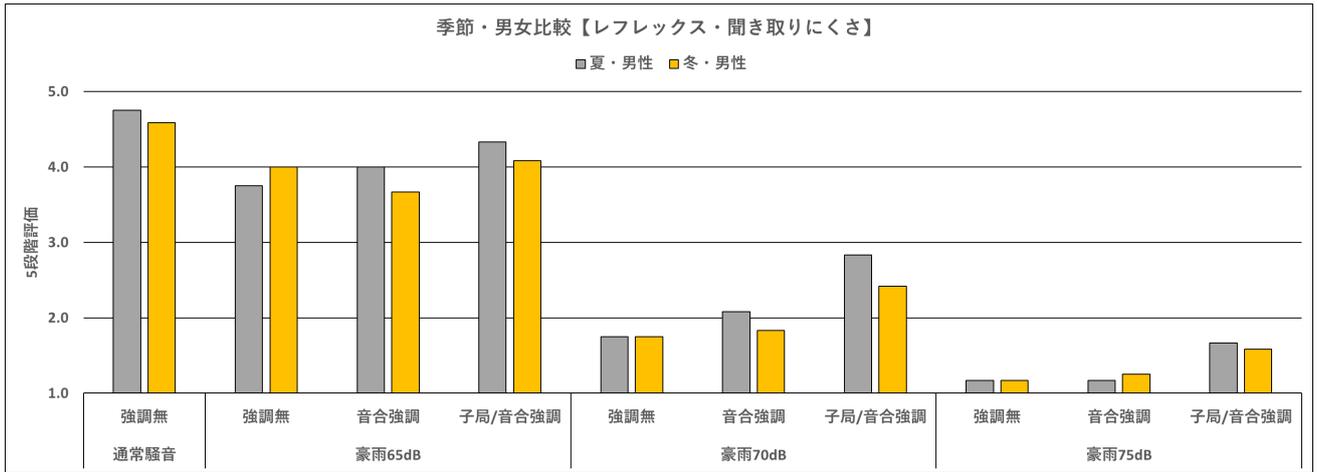


図 102 季節（夏冬）比較【レフレックス・男性・聞き取りにくさ・豪雨】

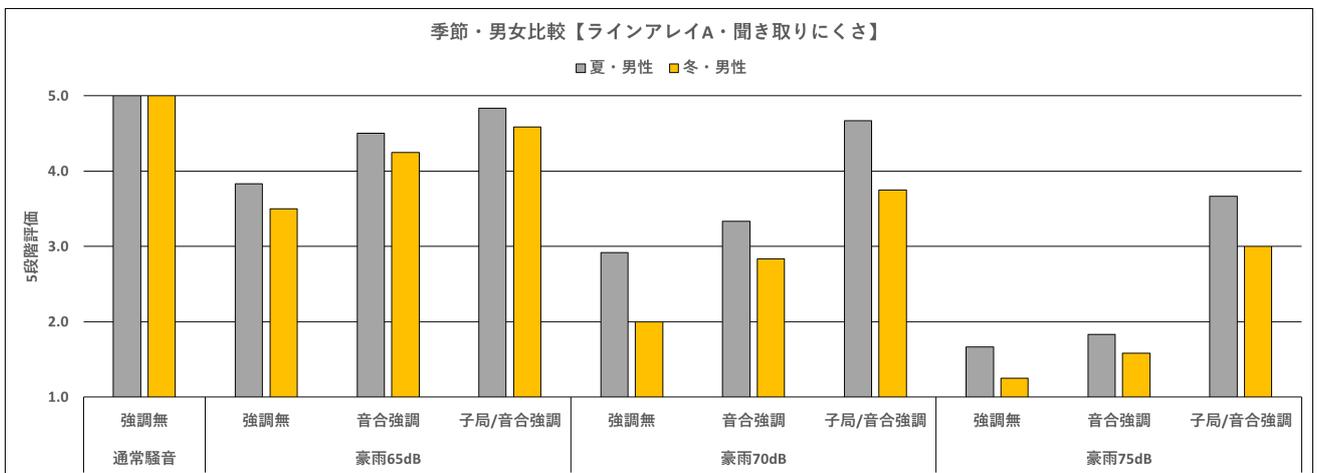


図 103 季節（夏冬）比較【ラインアレイ A・男性・聞き取りにくさ・豪雨】

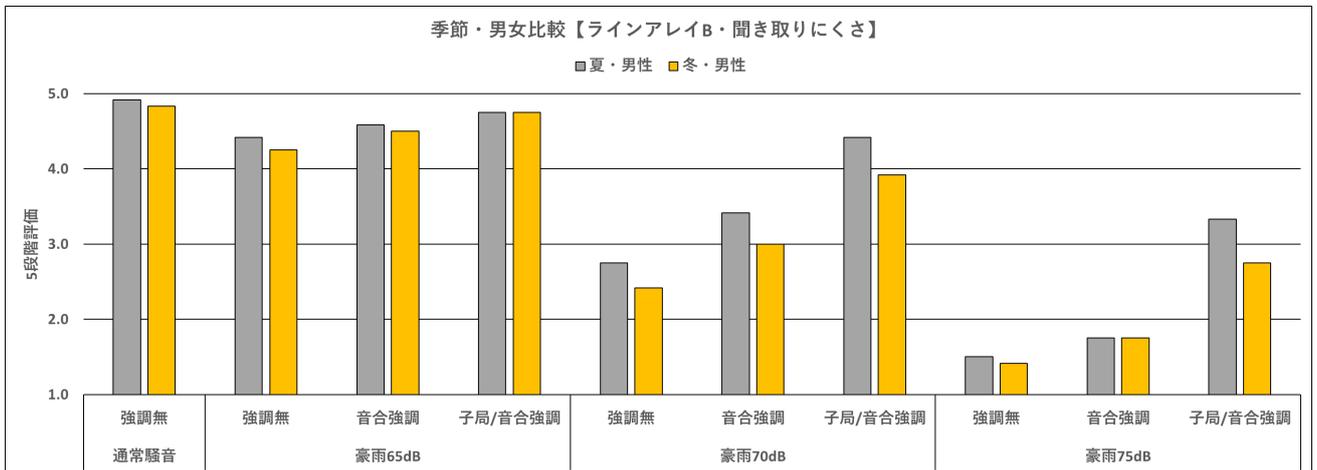


図 104 季節（夏冬）比較【ラインアレイ B・男性・聞き取りにくさ・豪雨】

### 2.1.4.5.2. STI 測定結果

客観評価の参考データとして STI を測定した。

STI は 0～1.0 の数値で表現され、0.6 以上が良好とされる。

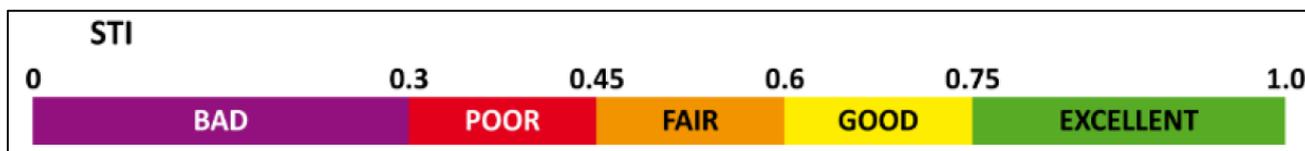


図 105 STI 指標

STI の測定結果を下表に示す。

- ・ 通常騒音や豪雨の 65dB、波の 60dB など暗騒音が小さい場合は、子局強調を適用すると明瞭度（STI）が劣化する。
- ・ 高性能スピーカー2種はレフレックスホーンに比べて明瞭度（STI）が高い。
- ・ 音声改善による効果は、レフレックスホーンで高く表れている。  
高性能スピーカー2種は、もともと高い STI 値であるが、若干の改善が見られる。

表 25 STI 測定結果

No	スピーカー種	音声改善	通常騒音	豪雨			波	
				65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	レフレックス	なし	0.78	0.63	0.58	0.46	0.7	0.57
2	ホーン	子局強調	0.81	0.72	0.65	0.54	0.77	0.67
3	ラインアレイ	なし	0.84	0.72	0.72	0.61	0.77	0.71
4	A	子局強調	0.75	0.75	0.73	0.66	0.75	0.74
5	ラインアレイ	なし	0.83	0.75	0.69	0.61	0.8	0.7
6	B	子局強調	0.71	0.71	0.7	0.64	0.72	0.69

表 26 音声改善による STI 測定の改善差分

No	スピーカー種	STI 差分 (=「子局強調有」 - 「強調無し」)					
		通常 騒音	豪雨			波	
			65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	レフレックスホーン	0.03	0.09	0.07	0.08	0.07	0.10
2	ラインアレイ A	-0.09	0.03	0.01	0.05	-0.02	0.03
3	ラインアレイ B	-0.12	-0.04	0.01	0.03	-0.08	-0.01

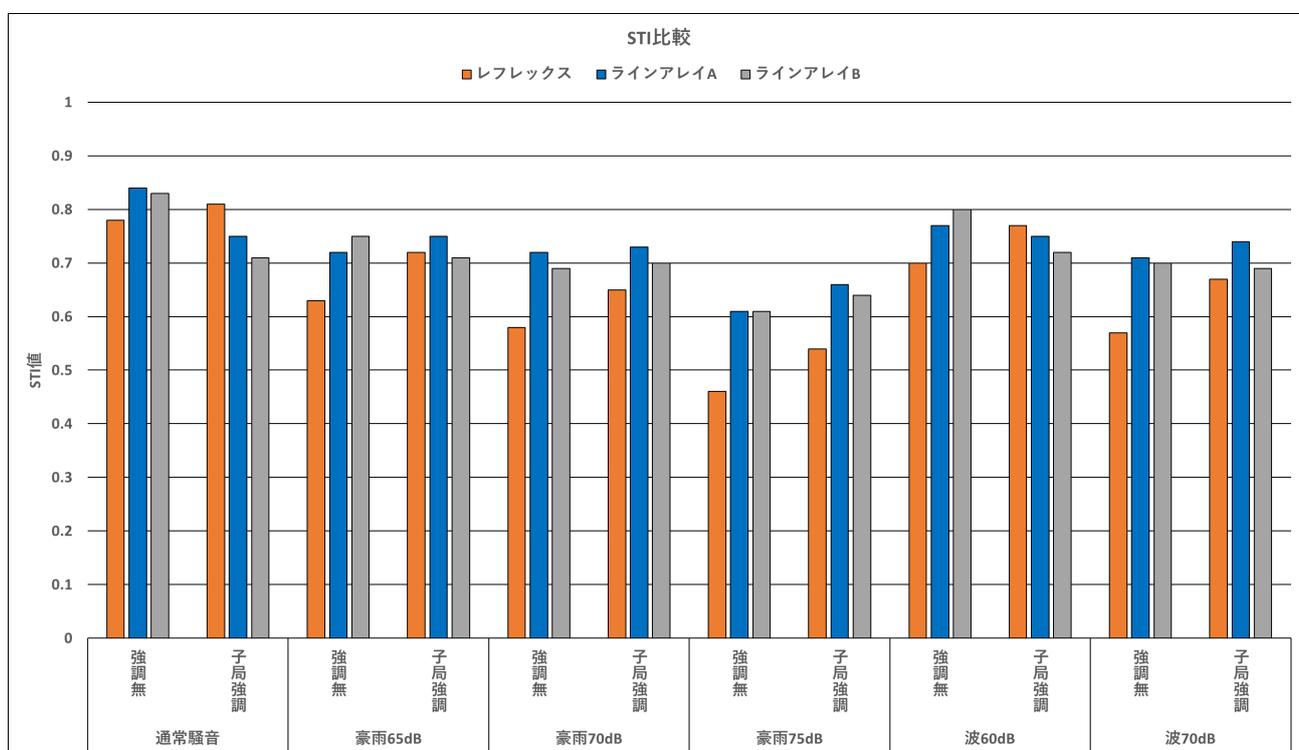


図 106 STI 測定結果

## 2.1.4.6. 実験の様子



図 107 実験の様子

## 2.2. 第二回実証実験詳細

### 2.2.1. 実験目的

実証実験現場にて、放送音声及び Swept-Sine による音場測定から各測定点の SII を算出し、第三回実証実験時の各種改善施策の効果を事前確認する。また、第三回実証実験に向けた放送音声聴感評価の事前確認と、既設操作卓に音合強調を組み込み、既設子局からの放送で改善効果の確認も行う。

### 2.2.2. 実験日程

日時：2024 年 11 月 7 日 9:00~17:10

場所：神奈川県足柄上郡松田町（3 か所）

### 2.2.3. 評価者

聴感評価は 8 名（FG：7 名、消防庁：1 名）で実施。

### 2.2.4. 実験詳細

#### 2.2.4.1. 実験概要

高所作業車上に設置したスピーカーより Swept-Sine(※)、放送音声を送出し、各聴取ポイントにて騒音計による録音を実施した。

併せて、各ポイントで聴感評価（予備調査）も実施した。

※：Swept-Sine：特定周波数範囲（約 400Hz~7kHz など）で連続的に変化する試験信号

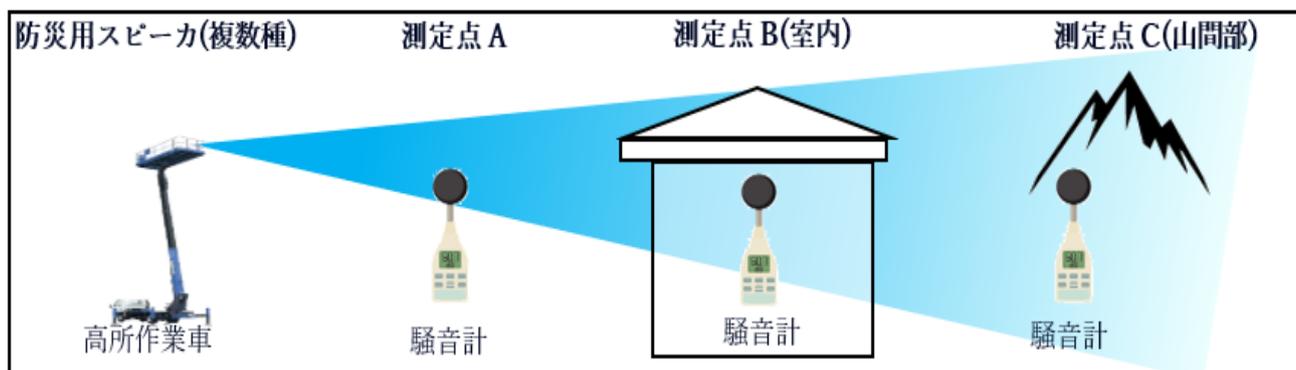


図 108 第二回実証実験イメージ

#### 2.2.4.2. 実験環境

##### 2.2.4.2.1. 実験場所

実験は松田町の 3 地点で実施した。各地点に複数箇所の聴取点を設け、騒音計での録音と聴感評価（予備評価）を実施した。

### 2.2.4.2.1.1. 実験場所一覧

実験場所（聴取点）の詳細は下記の通り。

表 27 第二回実証実験評価場所一覧

評価場所	地点No	聴取点	評価者	緯度経度（住所）
旧松田土木事務所 (スプラボ)	2	200m	1	35.33956,139.1412
	3	300m	1	35.33872,139.1409
	4	400m	2	35.33783,139.1405
	5	500m	1	35.33670,139.1414
	6	屋内	1	神奈川県足柄上郡
		屋外	1	松田町松田惣領424（集会場）
稲郷町有地	2	300m	1	35.40737,139.1361
	3	400m	2	35.40645,139.1363
	4	500m	3	35.40559,139.1366
	5	600m	2	35.40484,139.1367
	寄自然休養村	2	300m	1
3		400m	2	SP1種：35.40477,139.1350
4		500m	2	SP1種：35.40476,139.1334
5		600m	1	SP1種：35.40536,139.1325
6		屋内	1	神奈川県足柄上郡
		屋外	1	松田町寄4617（集会場）

### 2.2.4.2.1.2. スプラボ聴取点



図 109 スプラボ聴取点

### 2.2.4.2.1.3. 稲郷町有地聴取点



図 110 稲郷町有地聴取点

### 2.2.4.2.1.4. 寄自然休養村聴取点



図 111 寄自然休養村聴取点

## 2.2.4.2.2.放送用スピーカー

表 28 放送用スピーカー仕様

No.	名称 (型番)	定格	出力音圧レベル (1W,1m 換算値)	指向角(2kHz)		再生周波数 特性(Hz)
				水平	垂直	
1	ストレートホーン (H-510LM/30T)	30W	110dB 以上	70°	70°	180~6,500
2	ラインアレイ A (SC-B30)	30W	116dB	85°	20°	450~8,000
3	ラインアレイ B (HA-2040MK2)	30W	119dB	90°	15°	300~9,000

既設子局（スプラポ）で用いたスピーカー種と方向は下記の通り。

表 29 既設スピーカー仕様（スプラポ）

設置場所	No	地図上の方向色	スピーカー種	出力
旧松田土木事務所 (スプラポ)	1	緑色	レフレックスホーン	30W
	2	青色	ストレートホーン	30W
	3	黄色	ストレートホーン	30W
	4	赤色	ストレートホーン	30W

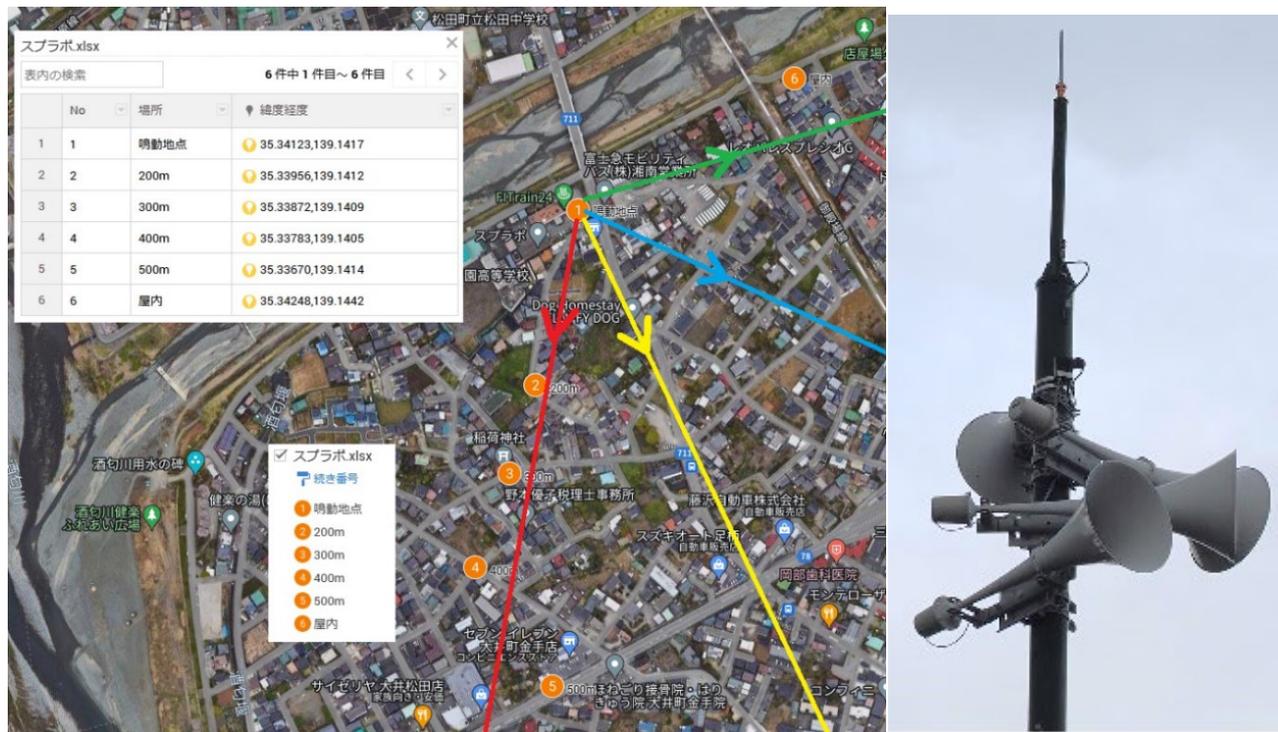


図 112 既設子局（スプラポ）のスピーカー向き

### 2.2.4.2.3.その他設備

表 30 その他設備

No.	名称	メーカー	型番	備考
1	屋外子局	富士通ゼネラル	CR604EFJ	放送用
2	拡声アンプ	富士通ゼネラル	EA-168	放送用
3	騒音計	小野測器	LA7500	
4	温度湿度計	ノースワン	KADEC21UHTV-C	
5	風向風速計	ノースワン	KADEC-R-KAZE	

### 2.2.4.2.4.機器セッティング

各地点におけるスピーカーのセッティング条件は下記の通り。

表 31 スピーカーセッティング

	スプラポ	稲郷	寄 (1方向)
高さ	約 14m	約 14m	約 14m
方角	TN200°	TN170°	TN325°
チルト角	-3.5°	-5.0°	+2.0°

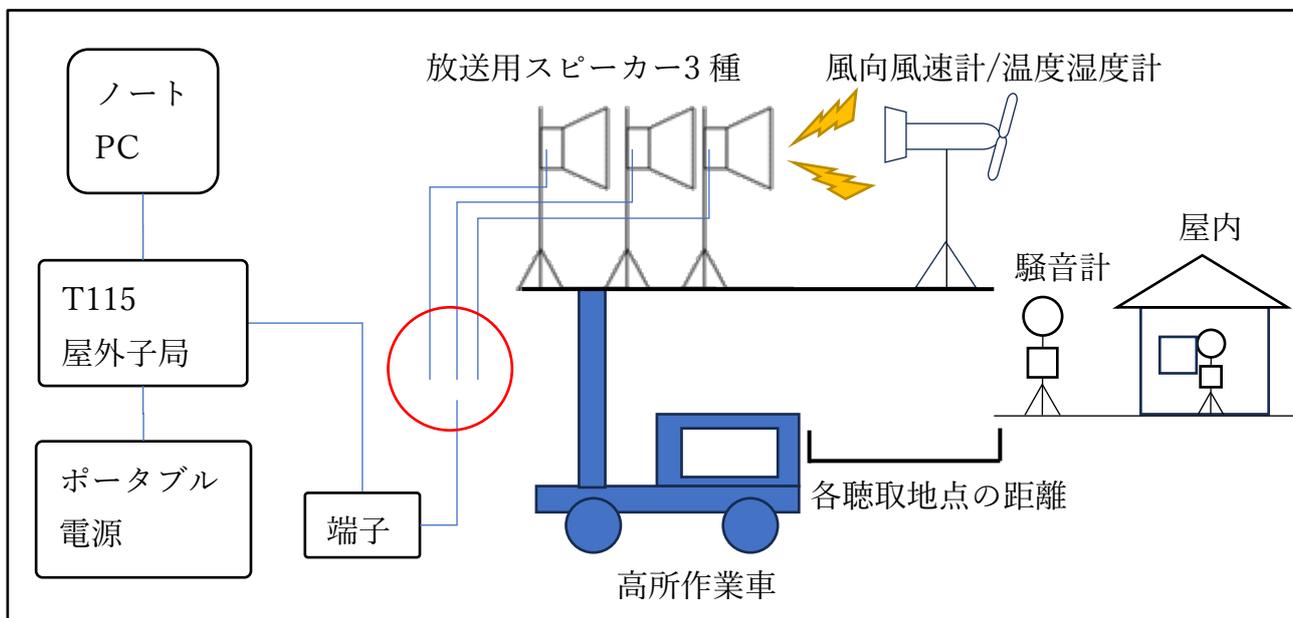


図 113 第二回実証実験機器構成

### 2.2.4.3. 実験音声

実験では下記音声を使用した。

音声合成（株式会社エーアイ）：男性：せいじ、女性：のぞみ

【音声放送（話者：女性）】

表 32 音声放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	(上りチャイム)	3 秒
2	こちらは防災松田です。	4 秒
3	これは試験放送です。	4 秒
4	試験放送を終了します。	4 秒
5	(下りチャイム)	3 秒
合計		18 秒

【Swept-Sine 放送（話者：男性）】

表 33 Swept-Sine 放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	(上りチャイム)	3 秒
2	こちらは、防災、松田です。	14 秒
3	試験信号を、放送します	8 秒
4	(無音 5 秒) (Swept-Sine) (無音 5 秒) (Swept-Sine) (無音 5 秒)	25 秒
5	試験放送を、終了します。	9 秒
6	(下りチャイム)	3 秒
合計		62 秒

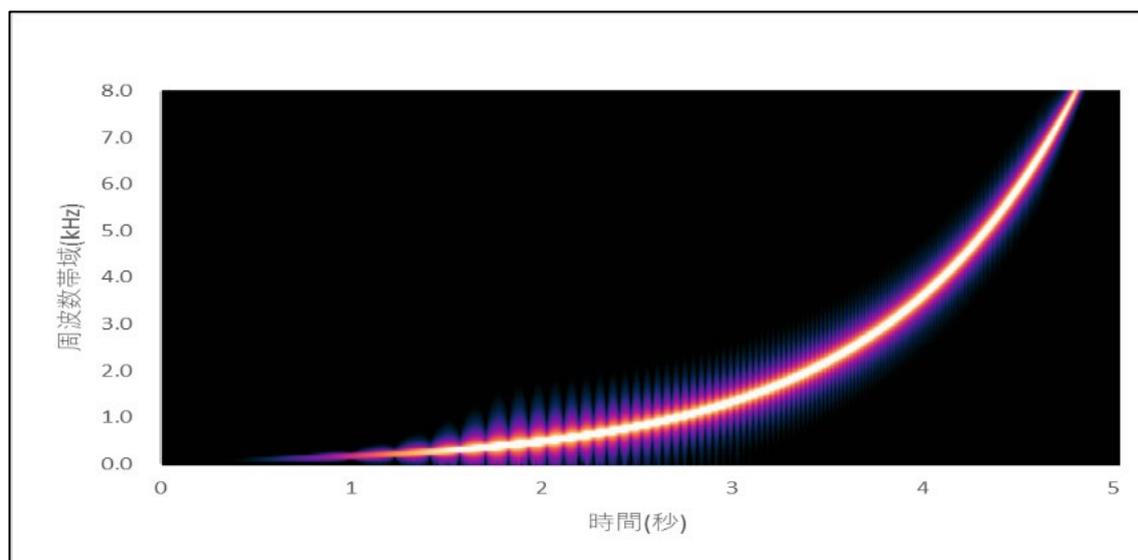


図 114 Swept-Sine 信号

#### 2.2.4.4. 実験内容

スプラボ、稲郷町有地、寄自然休養村の3か所で Swept-Sine の録音と、放送音声の聴感評価を実施した。

聴感評価は第三回実証実験のための事前確認を目的としている。

この事前確認で得られた情報をもとに、第三回実証実験の評価場所等を調整する。

また、既設の操作卓に音合強調を組み込み、既設子局からの放送で、音合強調の効果を確認した。

##### 2.2.4.4.1. 実験パターン

第二回実証実験は下記の組合せで実施した。

表 34 実験パターン

試験場所	No.	Swept-Sine	話者		音声改善			スピーカー種類			
			男性	女性	なし	音合強調	音合強調 +子局強調	ストレート ホーン	ライン アレイA	ライン アレイB	既設 子局
スプラボ	1	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-
	2	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-
	3	-	-	○	-	○	-	○	-	-	-
	4	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-
	5	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	6	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	7	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○
	8	-	-	○	-	○	-	-	-	-	○
稲郷町有地	1	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-
	2	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-
	3	-	-	○	-	○	-	-	-	○	-
	4	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-
	5	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	6	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
寄自然休養村	1	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-
	2	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-
	3	-	-	○	-	○	-	-	○	-	-
	4	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-
	5	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	6	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-

## 2.2.4.4.2. 評価基準

聴感評価は下記の評価基準で採点した。

表 35 評価基準

評点	了解度	自然さ	聴き取りにくさ	音の大きさ
5	音声の内容が非常に明確で全ての部分が簡単に理解できる	非常に自然で違和感が全くない	聴き取りにくくはない	大きすぎる
4	音声の内容はほぼ明確でほとんどの部分が容易に理解できる	自然さが高いが若干の改善の余地がある	それほど聴き取りにくくはない	大きい
3	音声の内容は概ね理解できるが一部の部分が不明瞭	音声が概ね自然であるがいくつかの部分で不自然さを感じる	多少聴き取りにくい	適度
2	多くの部分が不明瞭で理解が難しい	音声が部分的に不自然で若干の違和感がある	かなり聴き取りにくい	小さい
1	音声の内容がほとんど理解できない	不快に感じるレベルの不自然さ	非常に聴き取りにくい	小さすぎる (聞こえない)

### 2.2.4.4.3.SII 算出手順

SII の算出手順を示す。SII の計算は、下記資料に規定の通りである。

「ANSI/ASA S3.5-1997 Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index」

(<https://webstore.ansi.org/standards/asa/ansiasas31997r2020>)

#### 2.2.4.4.3.1. Swept-Sine 信号からの SII 算出手順

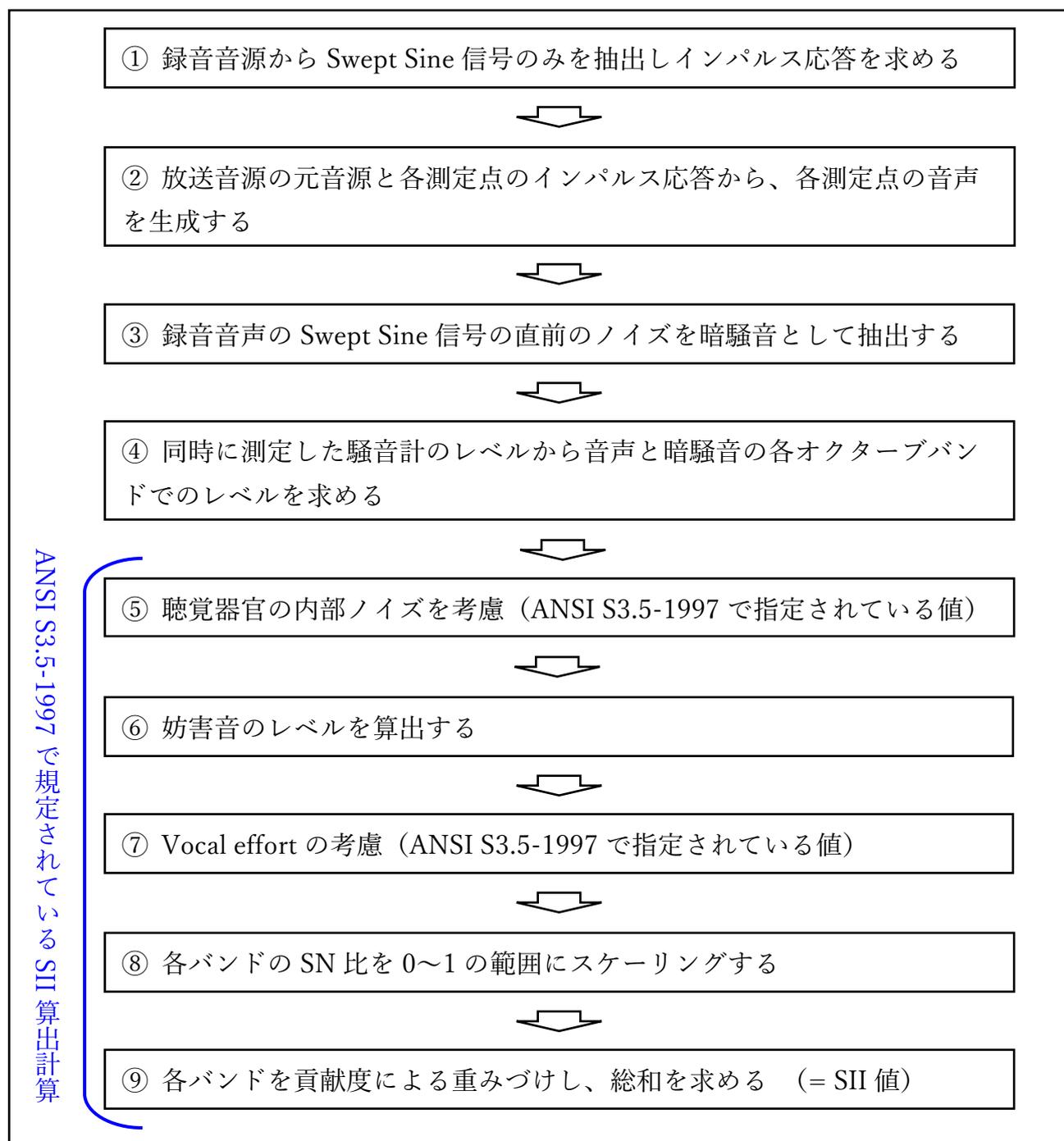


図 115 Swept-Sine 信号からの SII 計算手順

### 2.2.4.4.3.2. 放送音声の録音データからの SII 算出手順

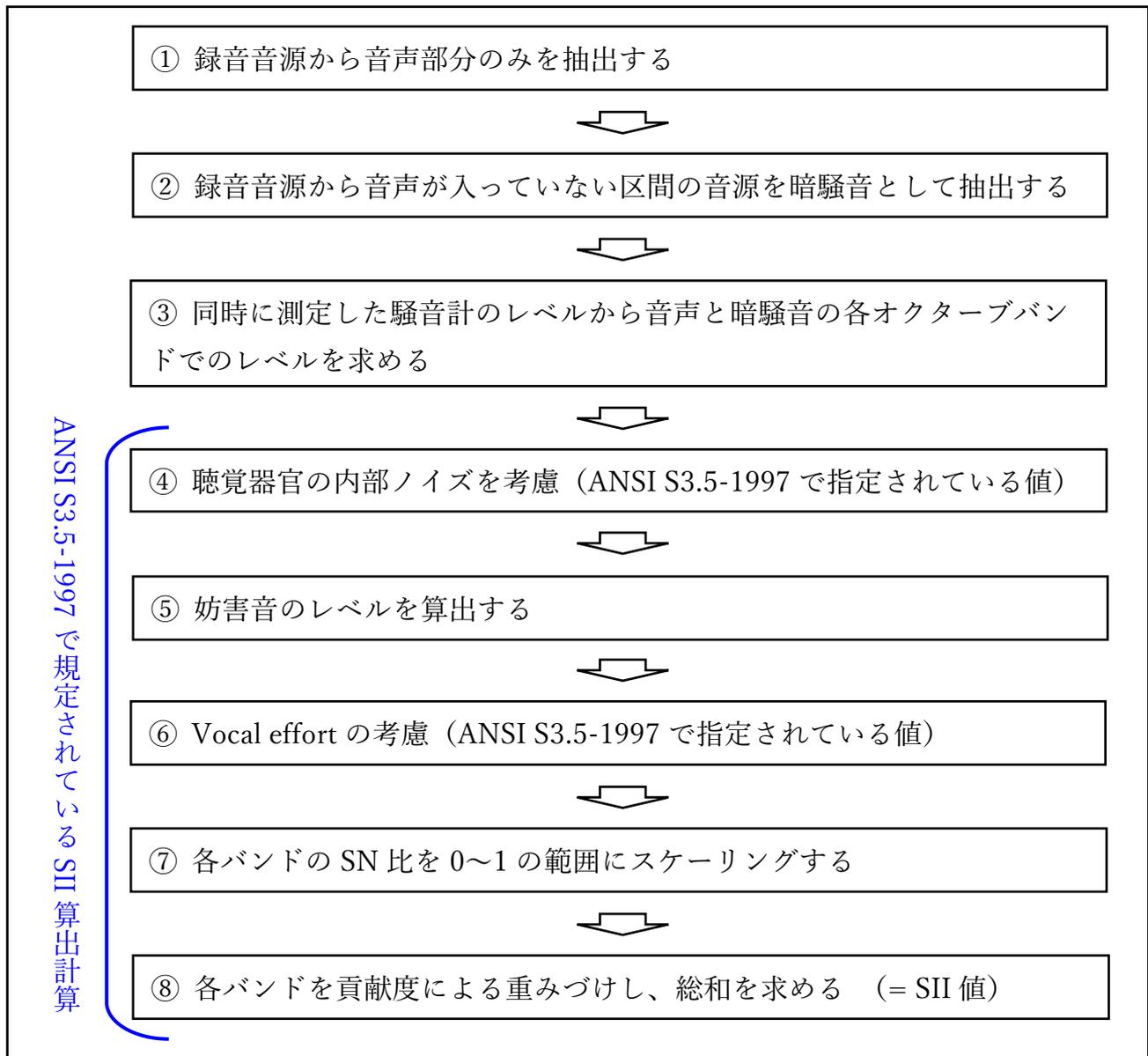


図 116 放送音声からの SII 計算手順

## 2.2.5. 実験結果

第二回実証実験における、SII 算出結果と主観（聴感）評価結果を以下に示す。

### 2.2.5.1. SII 算出結果

#### 2.2.5.1.1. Swept-Sine から SII 計算

試験場所 3 か所で取得した Swept-Sine 信号の録音データから SII を計算した。

表中のグレーの箇所は、該当測定地点無し又は測定不良で数値が無いことを示す。

表 36 Swept-Sine からの SII 計算結果

試験場所	話者	音声改善		スピーカー	インパルス応答を用いて推定した音声のLAeq, dB					
	女性	なし	音合強調	ラインアレイA	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所 (スプラボ)	○	○		○	59.5	59.7				
	○		○	○	60.1	60.6				
稲郷町有地	○	○		○		59.5	58.9	56.3		
	○		○	○		60.1	59.5	56.8		
寄自然休養村	○	○		○		65.5	52.5	55.0	47.9	73.6
	○		○	○		66.0	52.8	55.3	48.3	74.3
試験場所	話者	音声改善		スピーカー	インパルス応答を用いて推定したSII					
	女性	なし	音合強調	ラインアレイA	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所 (スプラボ)	○	○		○	0.546	0.439	0.027			
	○		○	○	0.639	0.521	0.053			
稲郷町有地	○	○		○		0.260	0.064	0.183		
	○		○	○		0.334	0.070	0.219		
寄自然休養村	○	○		○		0.516	0.438	0.360	0.564	0.695
	○		○	○		0.587	0.483	0.414	0.635	0.771
試験場所	話者	音声改善		スピーカー	インパルス応答を用いて推定したSII (暗騒音のLAeqを50dBで固定)					
	女性	なし	音合強調	ラインアレイA	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所 (スプラボ)	○	○		○	0.546	0.576	0.389			
	○		○	○	0.639	0.673	0.478			
稲郷町有地	○	○		○		0.544	0.514	0.418		
	○		○	○		0.636	0.590	0.504		
寄自然休養村	○	○		○		0.619	0.295	0.300	0.206	0.746
	○		○	○		0.705	0.345	0.365	0.263	0.798

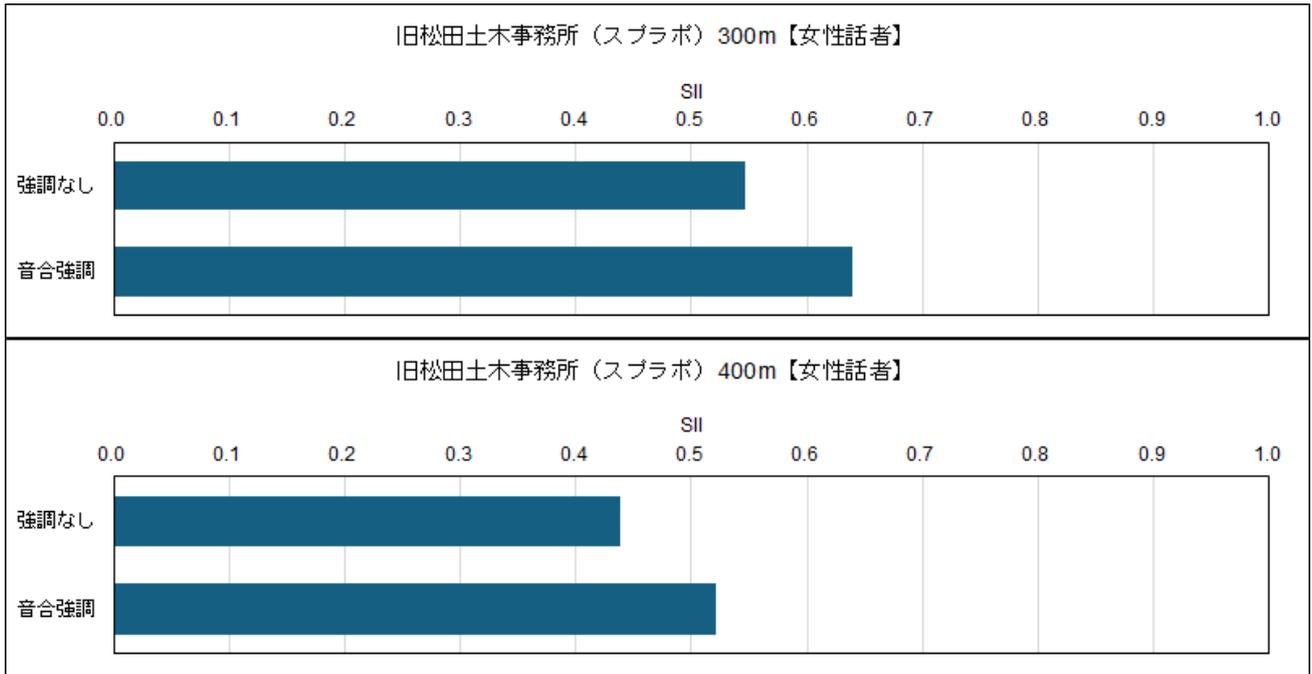


図 117 スプラボ SII

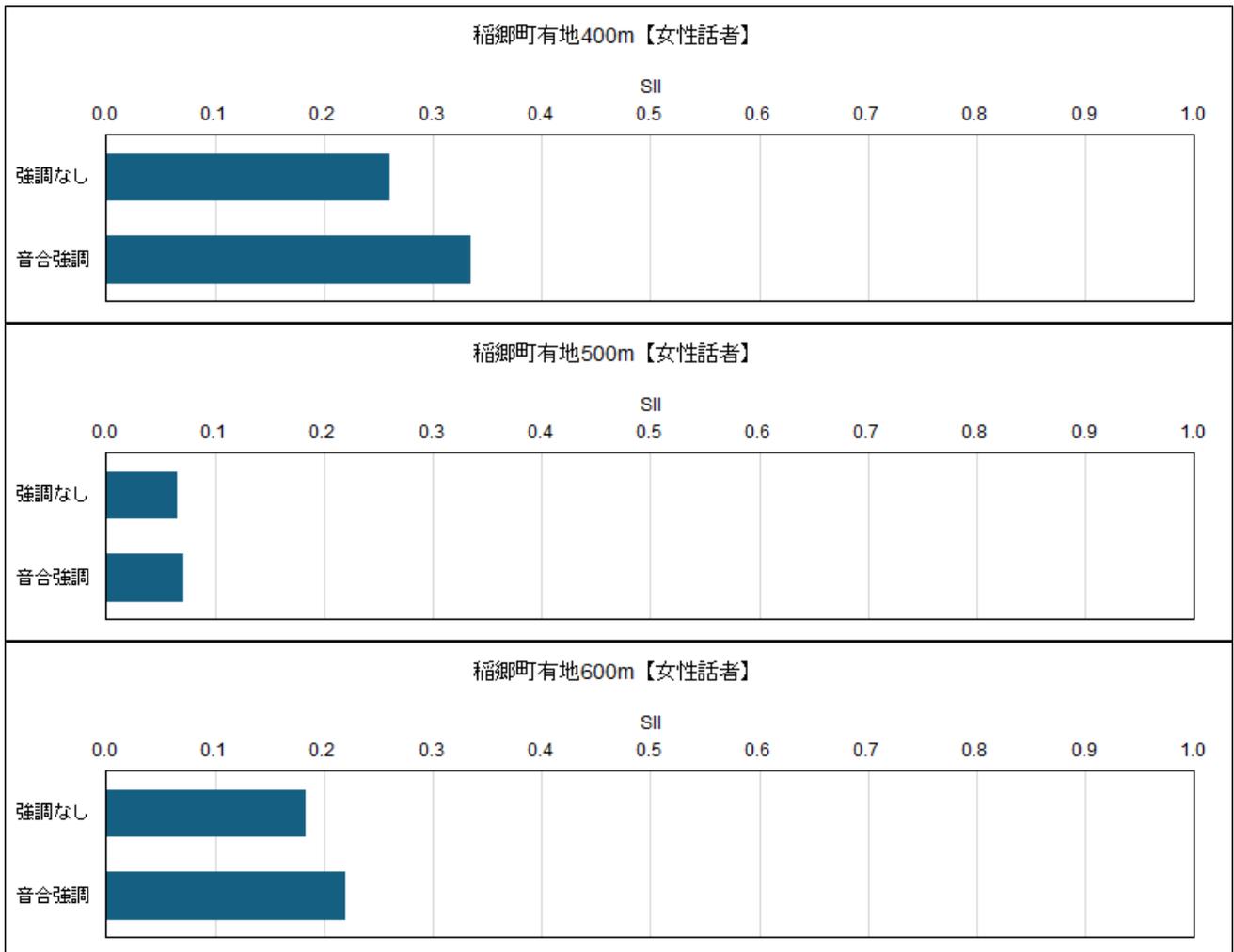


図 118 稲郷町有地 SII

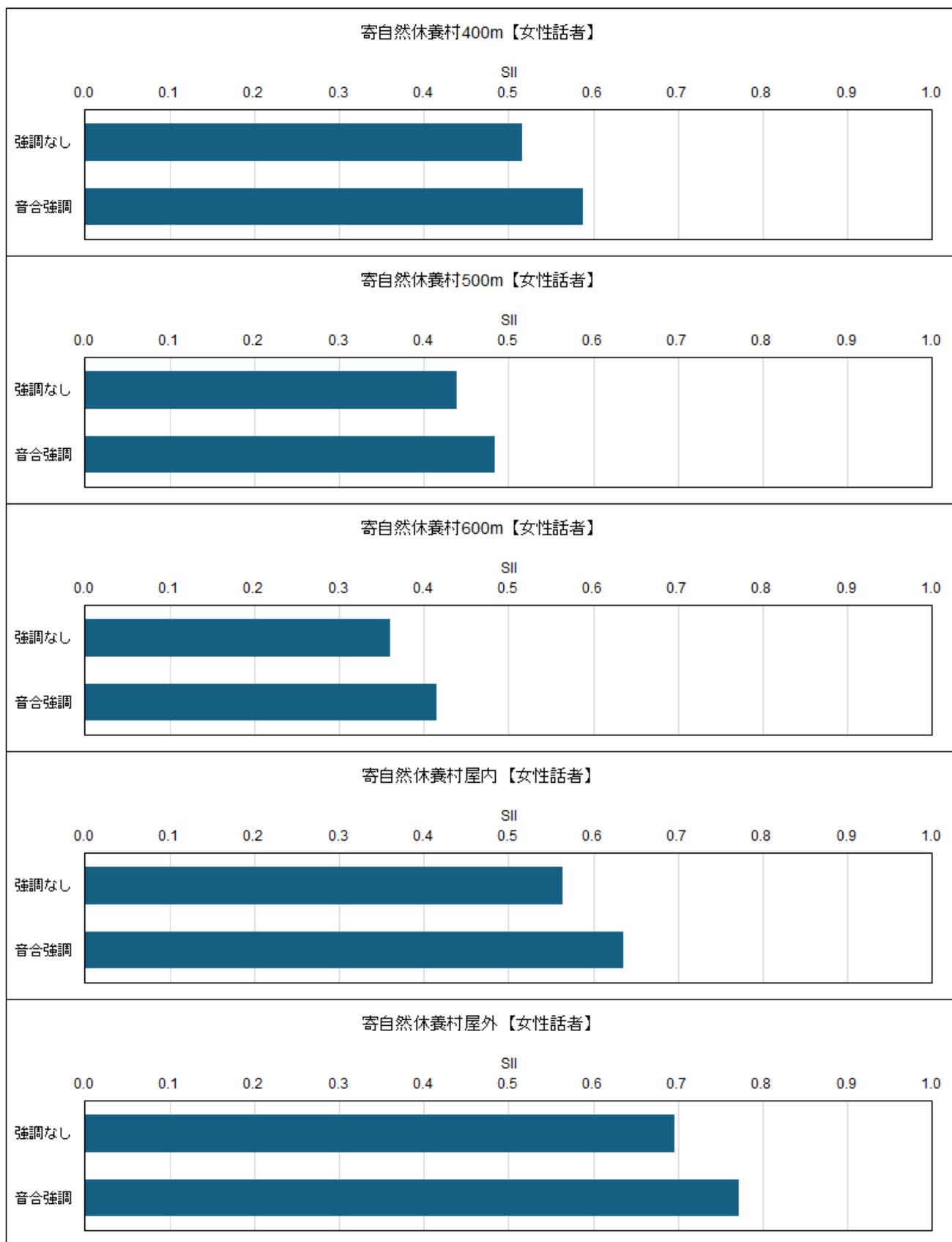


図 119 寄自然休養村 SII

### 2.2.5.1.2.放送音声から SII 計算

放送音声からの SII 計算結果について、以下に示す。

スプラポについては、放送部分に騒音が混入し、音量も小さく計算できなかった。稲郷町有地と寄自然休養村について結果を示す。

改善施策の効果が見える結果となった。

表 37 放送音声からの SII 計算結果

試験場所	話者	音声改善			スピーカー種			暗騒音のLAeq, dB					
	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ラインアレイA	ラインアレイB	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
稲郷町有地	○	○					○						
	○		○				○		58.6	69.1	58.2		
	○			○			○						
寄自然休養村	○	○					○						
	○		○				○		52.3	45.1	45.7	31.7	45.1
	○			○			○						
試験場所	話者	音声改善			スピーカー種			音声から算出したSII					
	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ラインアレイA	ラインアレイB	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
稲郷町有地	○	○					○		0.268	0.082	0.258		
	○		○				○		0.305	0.095	0.306		
	○			○			○		0.431		0.363		
寄自然休養村	○	○					○		0.420	0.370	0.179	0.718	0.671
	○		○				○		0.529	0.341	0.316	0.618	0.788
	○			○			○		0.667	0.523	0.526	0.780	0.862

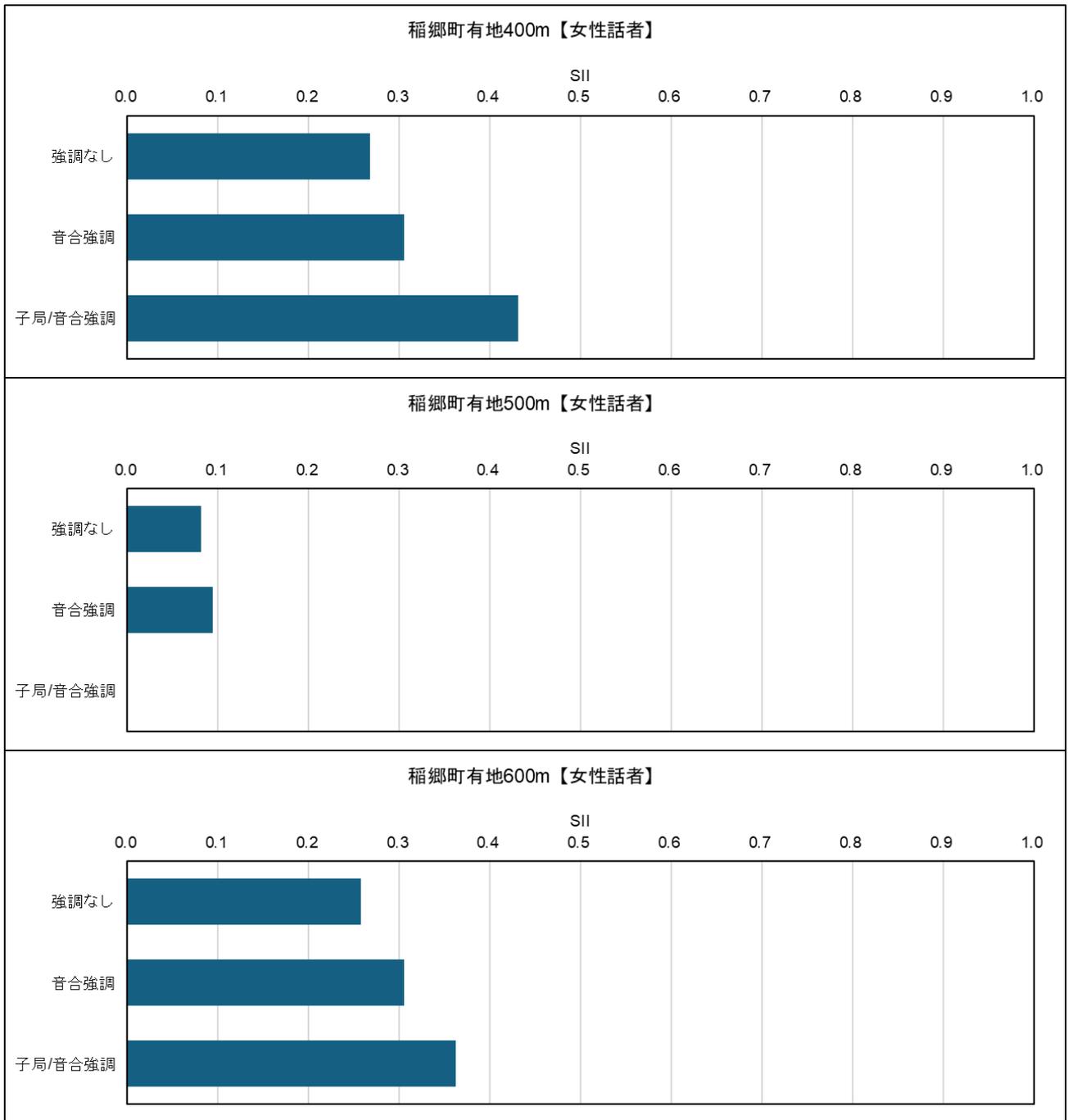


図 120 稲郷町有地 SII

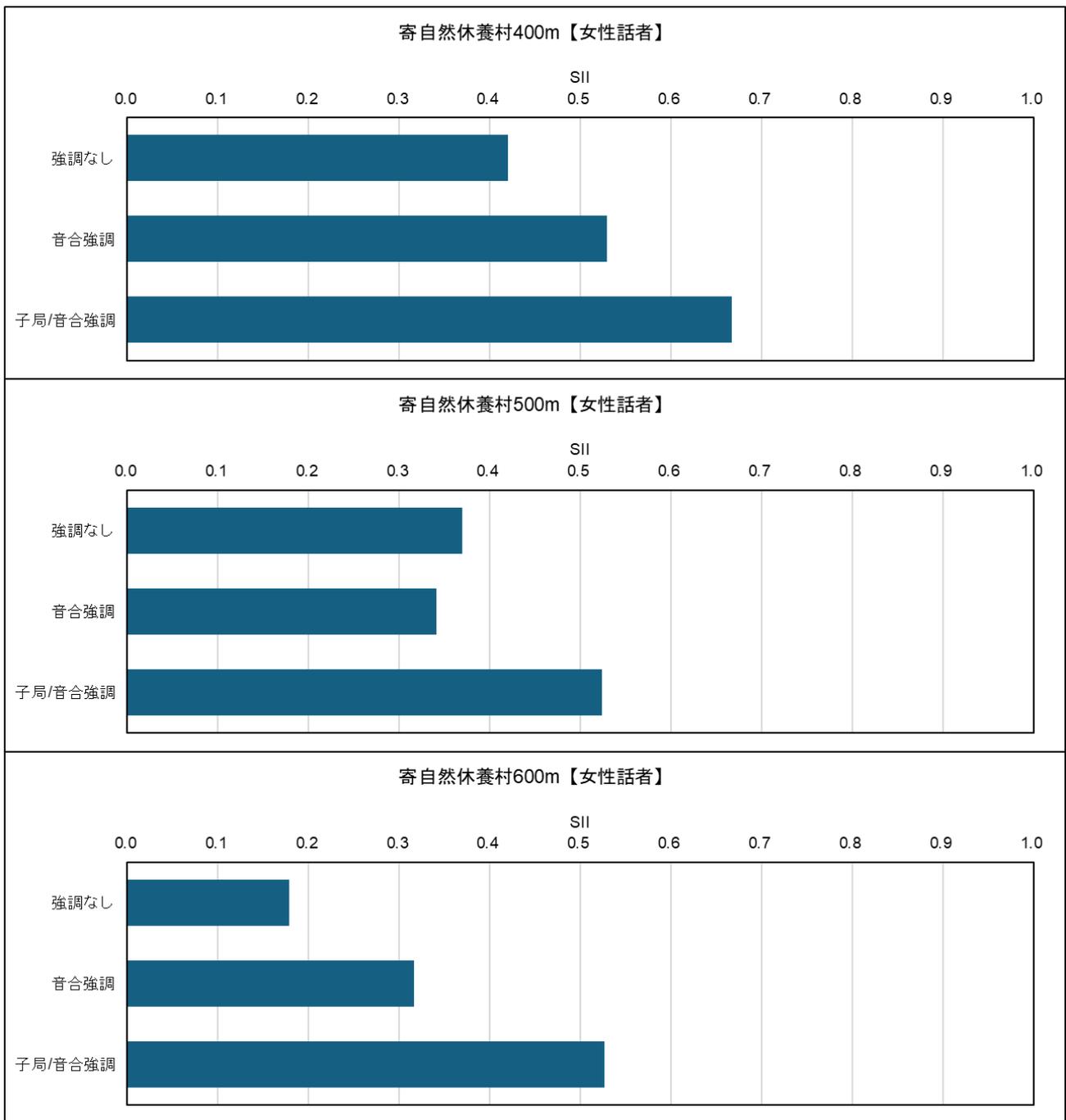


図 121 寄自然休養村 SII①

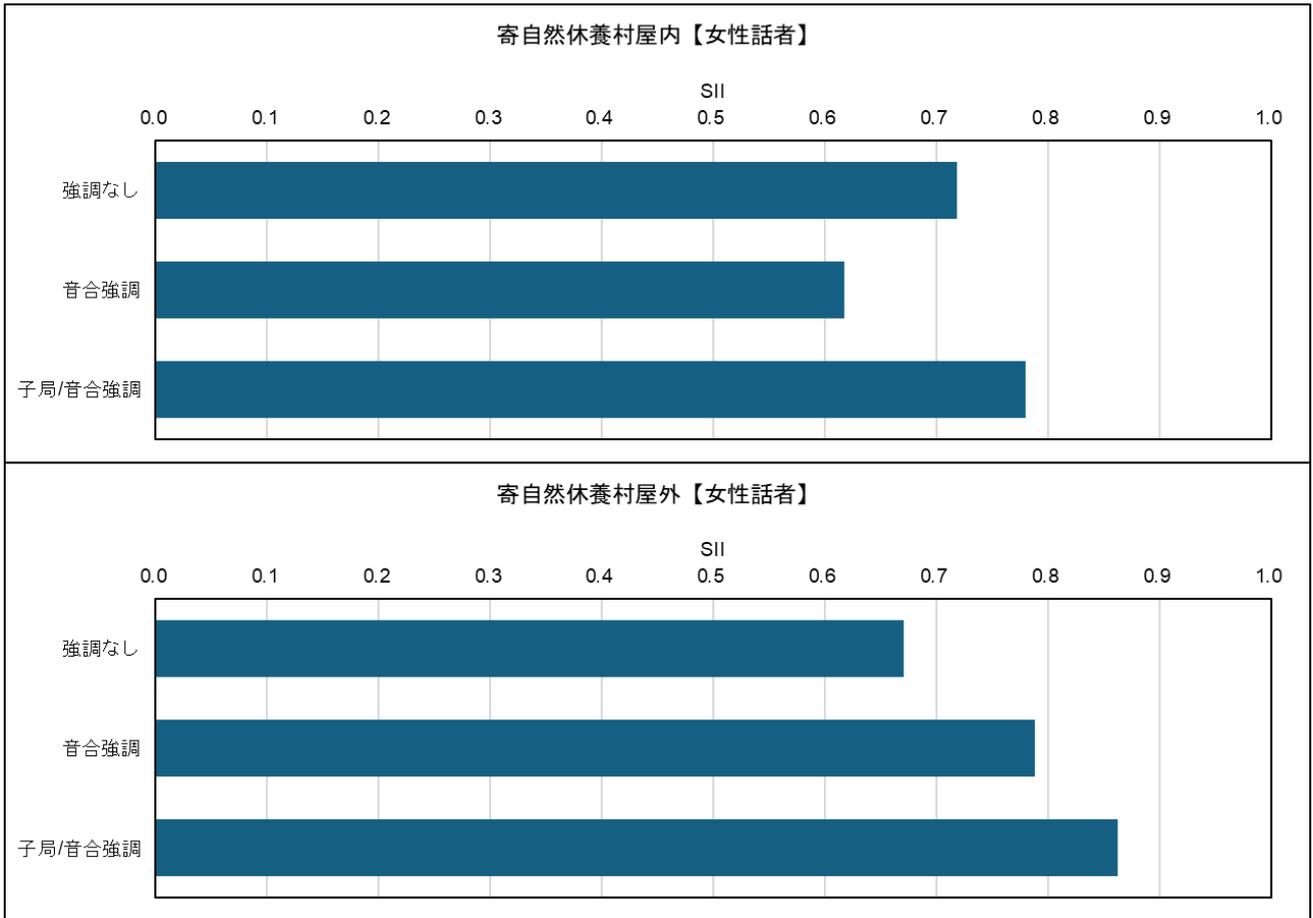


図 122 寄自然休養村 SII②

### 2.2.5.1.3.SII と了解度の関係

SII と了解度の関係を以下に示す。Swept-Sine から計算した場合と放送音声から計算した場合のいずれにおいても、聴感評価の了解度との相関がみられた。

ただし、第二回実証実験は評価者が少なかったため、傾向性を示す参考値となる。

表 38 SII と了解度の関係

試験場所	話者	音声改善		スピーカー種			インパルス応答を用いて推定したSII						了解度						
		女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ラインアレイA	ラインアレイB	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外	300m	400m	500m	600m	屋内
旧松田土木事務所 (スプラボ)	○	○				○	0.546	0.439						5.0	5.0	4.0	1.0	1.0	1.0
	○		○			○	0.639	0.521						5.0	5.0	4.0	1.0	1.0	1.0
稲郷町有地	○	○				○		0.260	0.064	0.183				5.0	4.0	1.3	3.5		
	○		○			○		0.334	0.070	0.219				5.0	4.0	1.7	4.0		
寄自然休養村	○	○				○		0.516	0.438	0.360	0.564	0.695		4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0
	○		○			○		0.587	0.483	0.414	0.635	0.771		5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0

試験場所	話者	音声改善		スピーカー種			音声から算出したSII						了解度						
		女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ラインアレイA	ラインアレイB	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外	300m	400m	500m	600m	屋内
稲郷町有地	○	○						0.268	0.082	0.258				5.0	4.0	1.3	3.5		
	○		○					0.305	0.095	0.306				5.0	4.0	1.7	4.0		
	○			○				0.431		0.363				5.0	5.0	2.0	3.5		
寄自然休養村	○	○				○		0.420	0.370	0.179	0.718	0.671		4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0
	○		○			○		0.529	0.341	0.316	0.618	0.788		5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0
	○			○		○		0.667	0.523	0.526	0.780	0.862		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

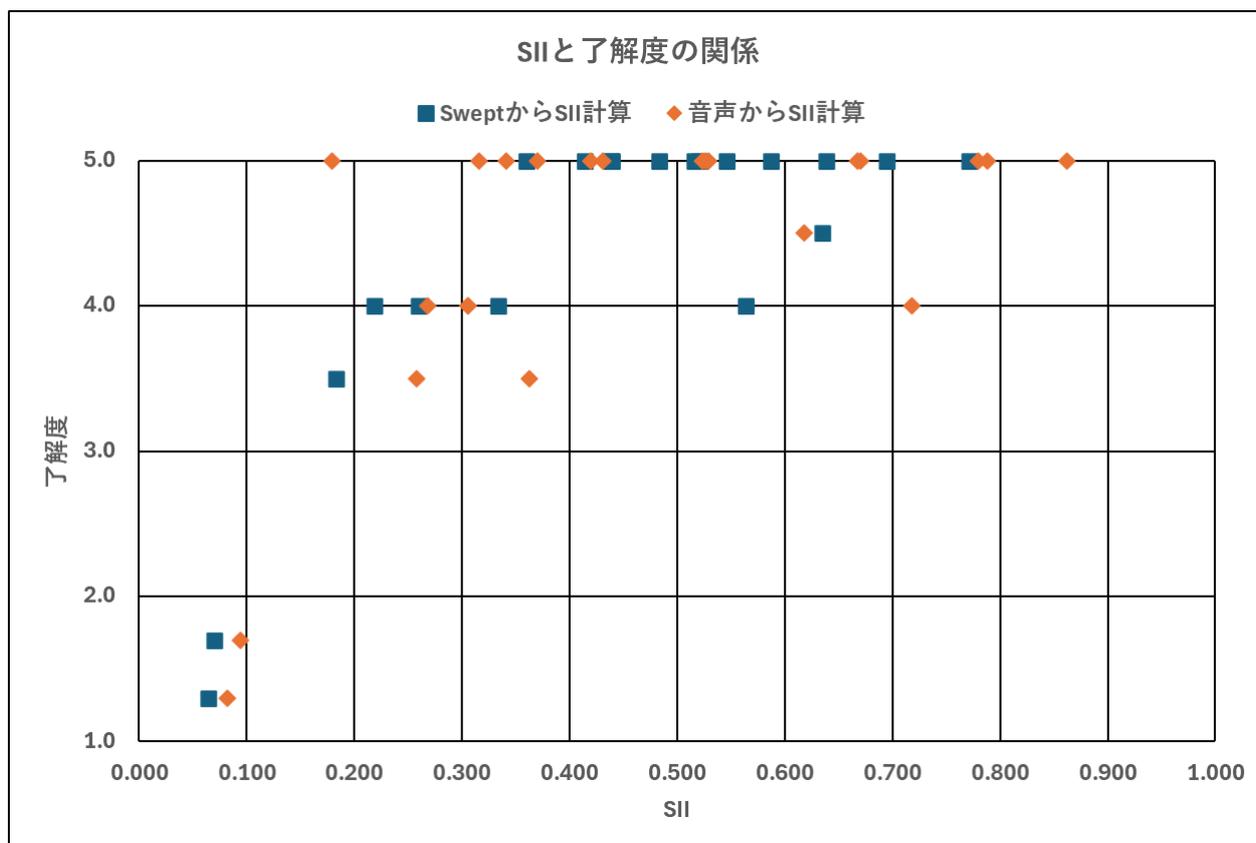


図 123 SII と了解度の関係

### 2.2.5.2. 主観評価結果

聴感評価の結果を以下に示す。

なお、500m地点は交通量が多い道路に面しており、交通騒音の影響で聞き取りが出来なかった。

#### 2.2.5.2.1. 了解度

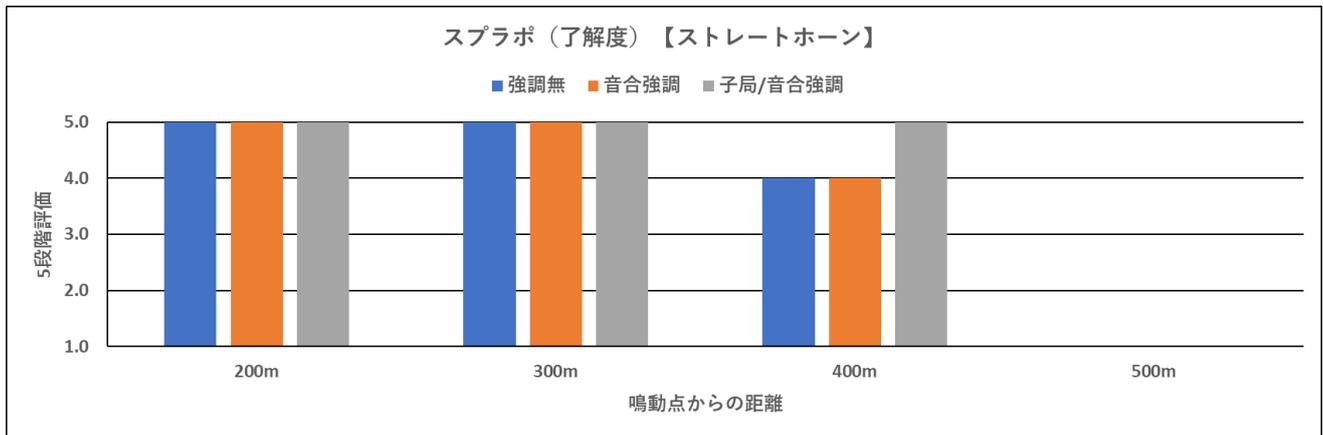


図 124 スプラポ (ストレートホーン) 【了解度】

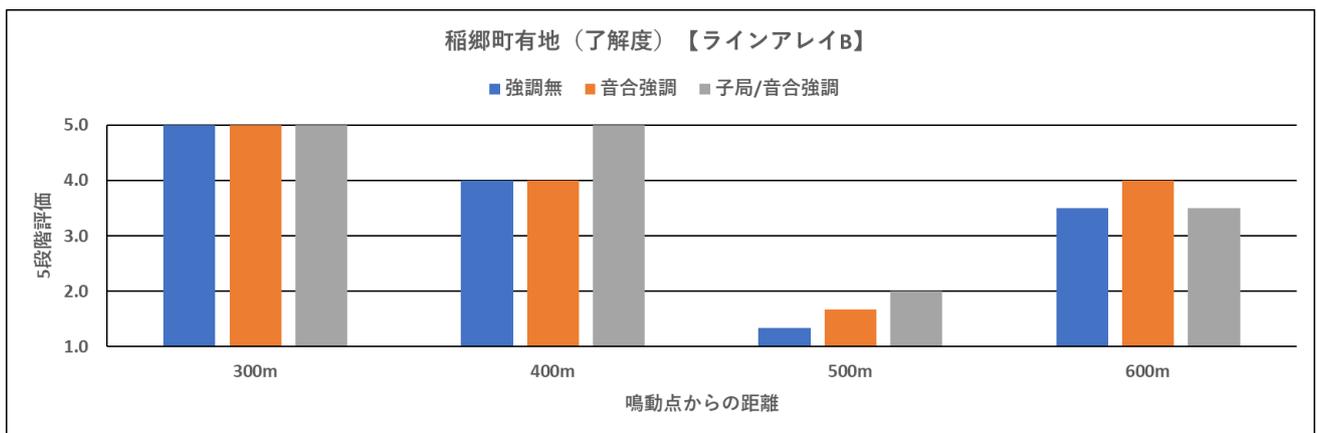


図 125 稲郷町有地 (ラインアレイ B) 【了解度】

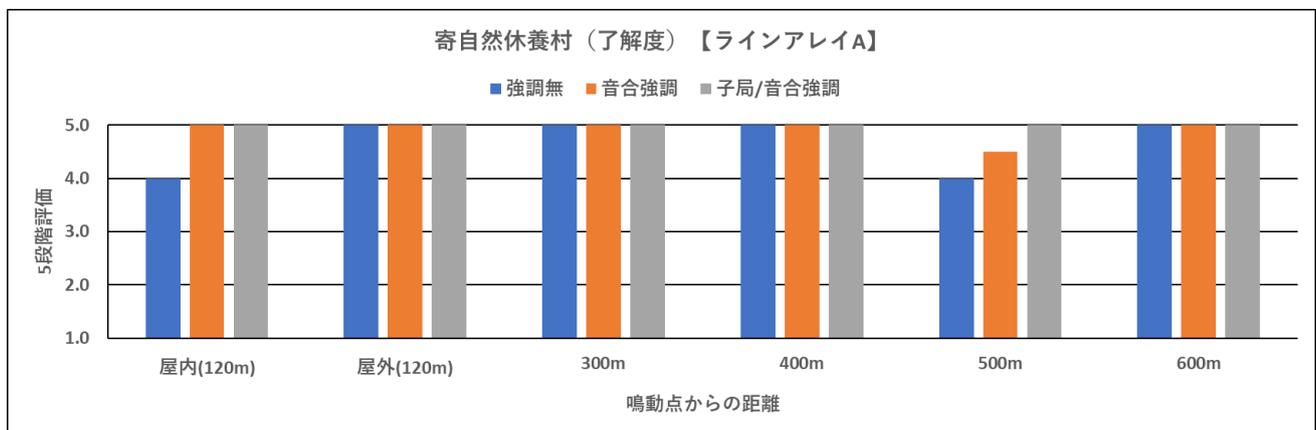


図 126 寄自然休養村 (ラインアレイ A) 【了解度】

## 2.2.5.2.2. 自然さ

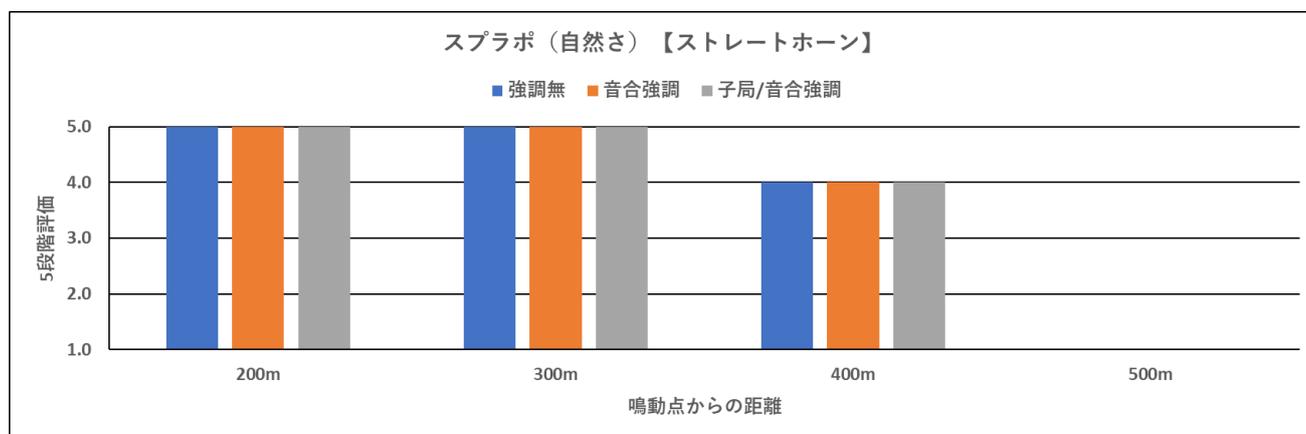


図 127 スプラポ (ストレートホーン) 【自然さ】

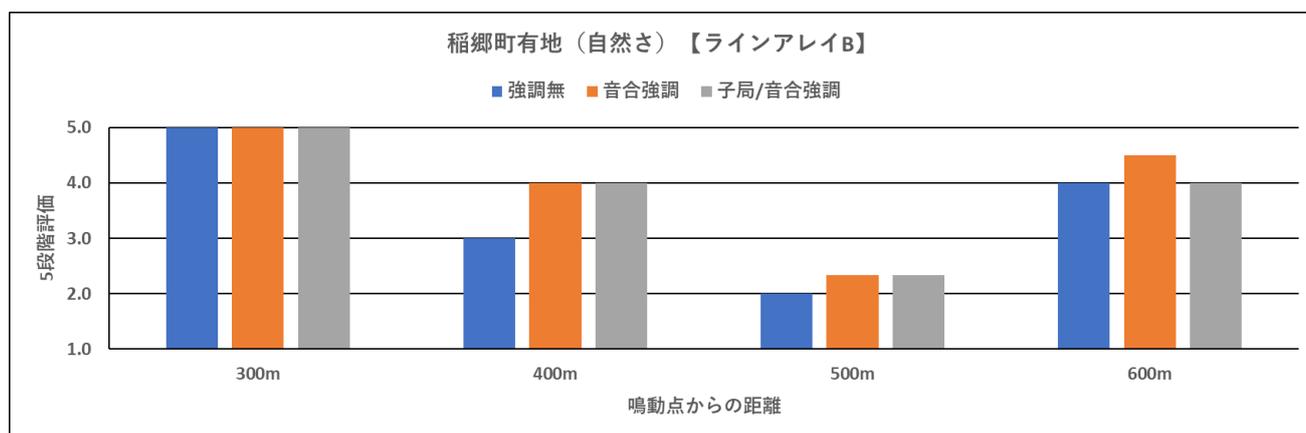


図 128 稲郷町有地 (ラインアレイ B) 【自然さ】

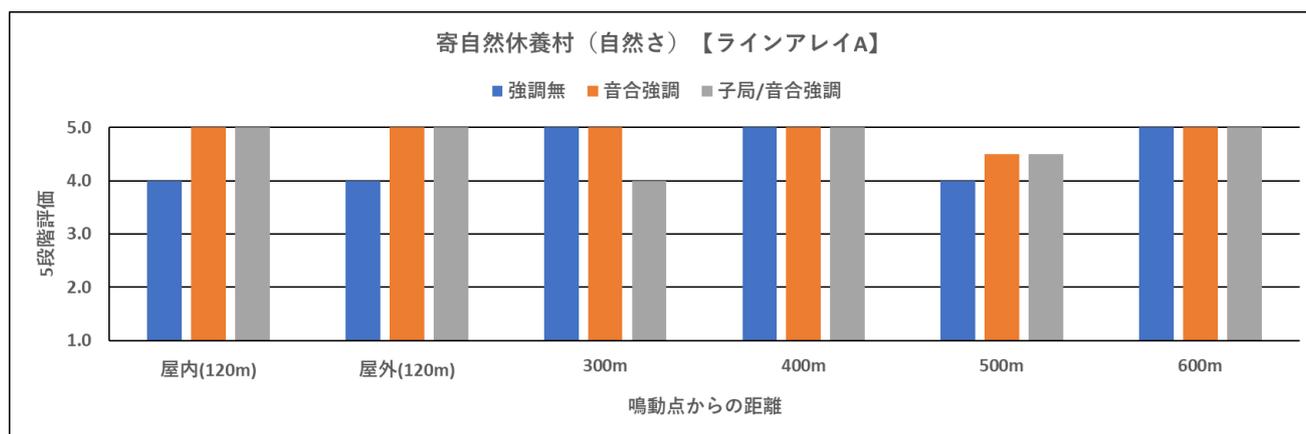


図 129 寄自然休養村 (ラインアレイ A) 【自然さ】

### 2.2.5.2.3.聞き取りにくさ

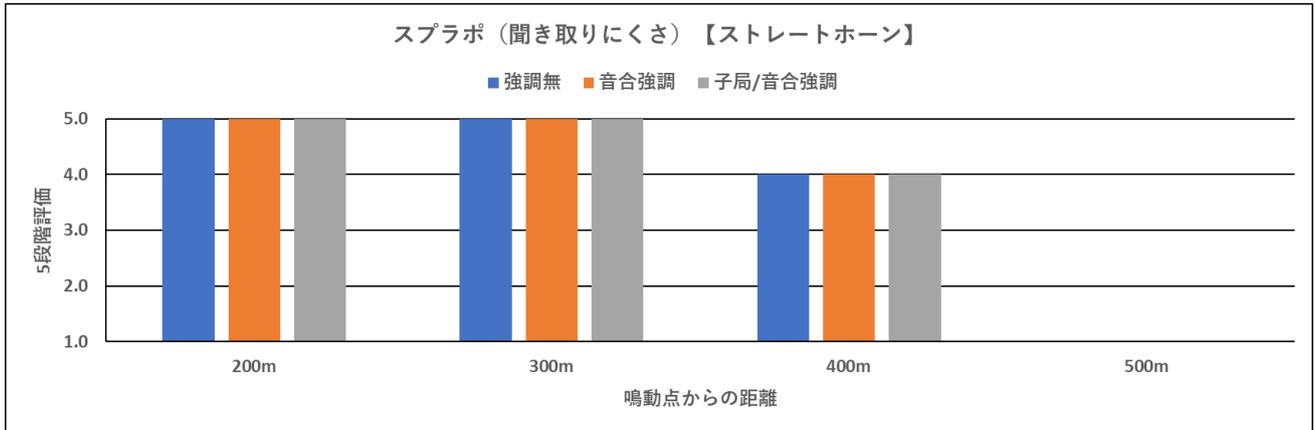


図 130 スプラボ (ストレートホーン) 【聞き取りにくさ】

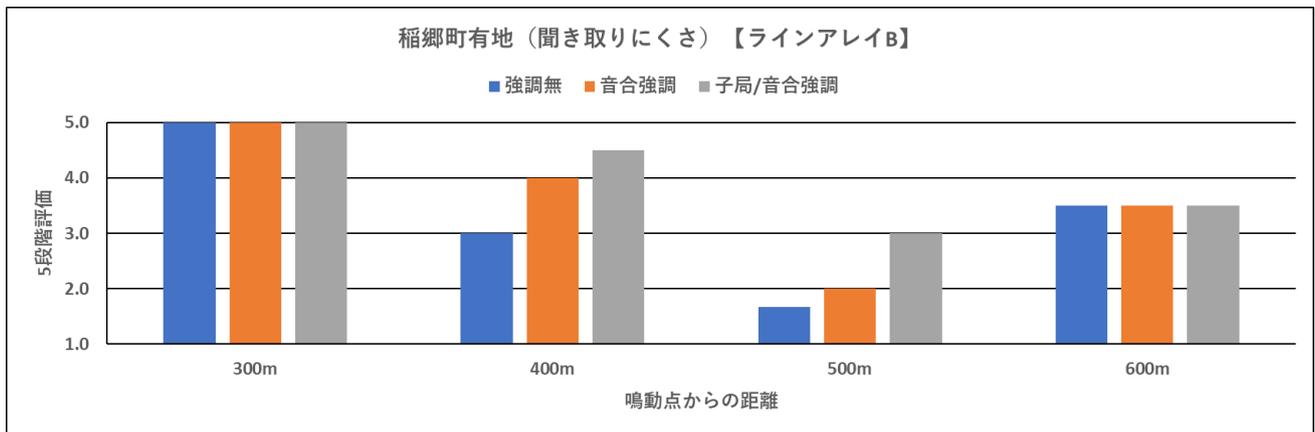


図 131 稲郷町有地 (ラインアレイ B) 【聞き取りにくさ】

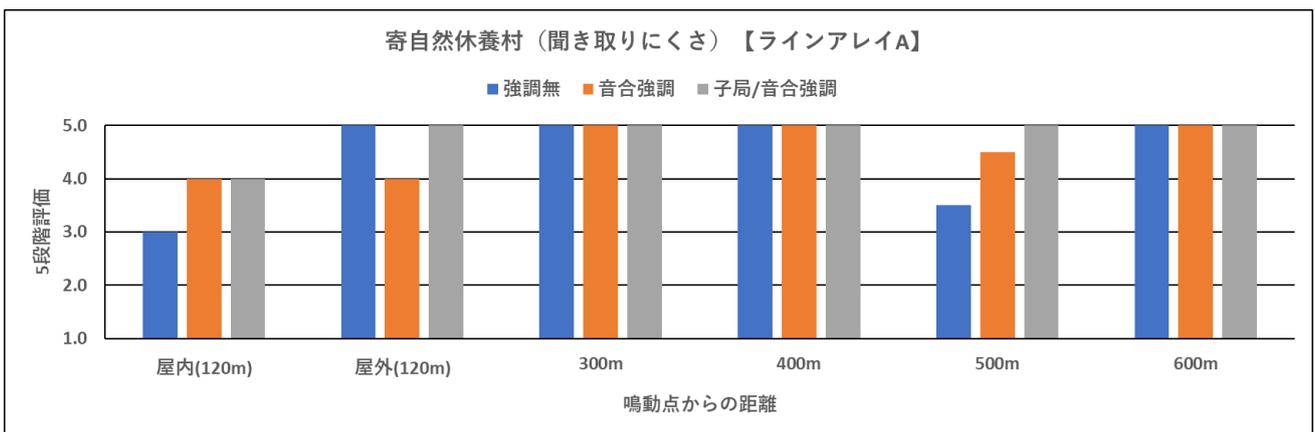


図 132 寄自然休養村 (ラインアレイ A) 【聞き取りにくさ】

### 2.2.5.2.4.音の大きさ

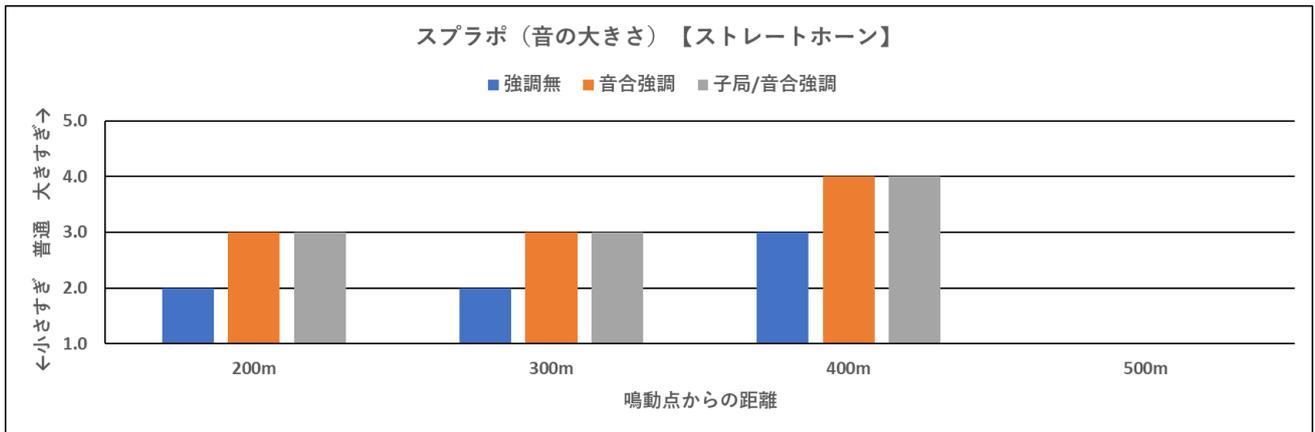


図 133 スプラポ (ストレートホーン) 【音の大きさ】

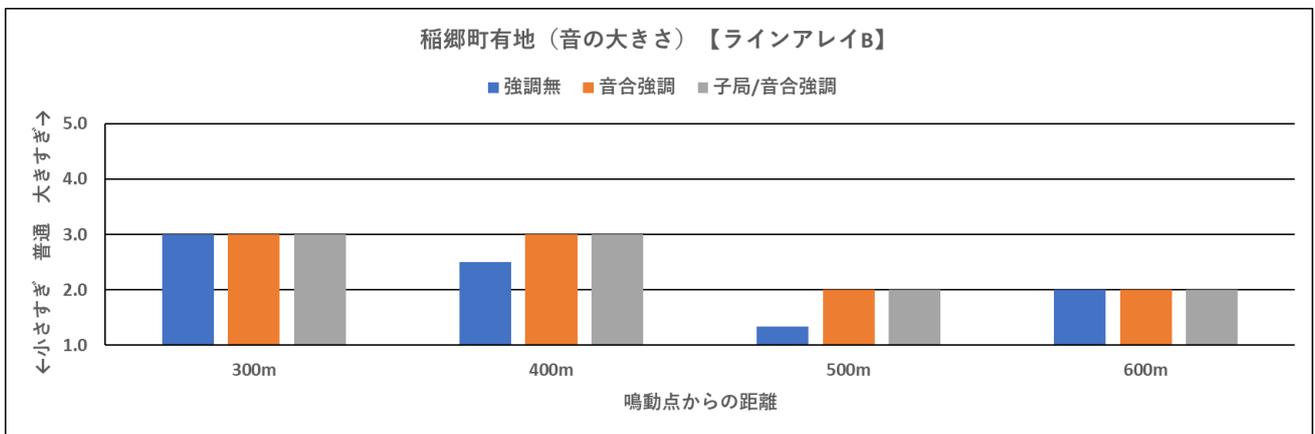


図 134 稲郷町有地 (ラインアレイ B) 【音の大きさ】

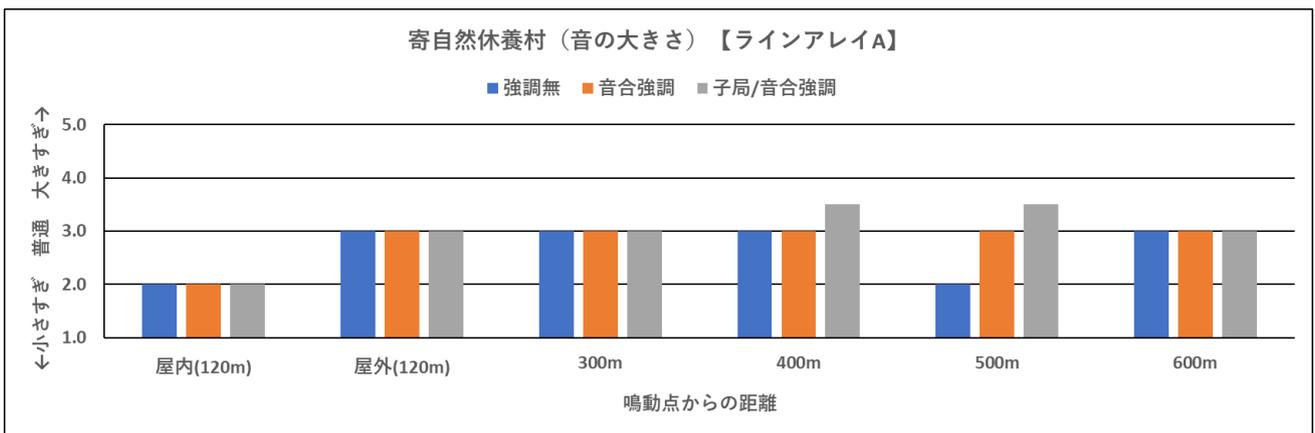


図 135 寄自然休養村 (ラインアレイ A) 【音の大きさ】

### 2.2.5.3. 既設操作卓での確認結果

既設の操作卓の音合に改善施策を適用した効果を既設子局からの放送で確認した。参考測定であるが、改善効果が確認できた。

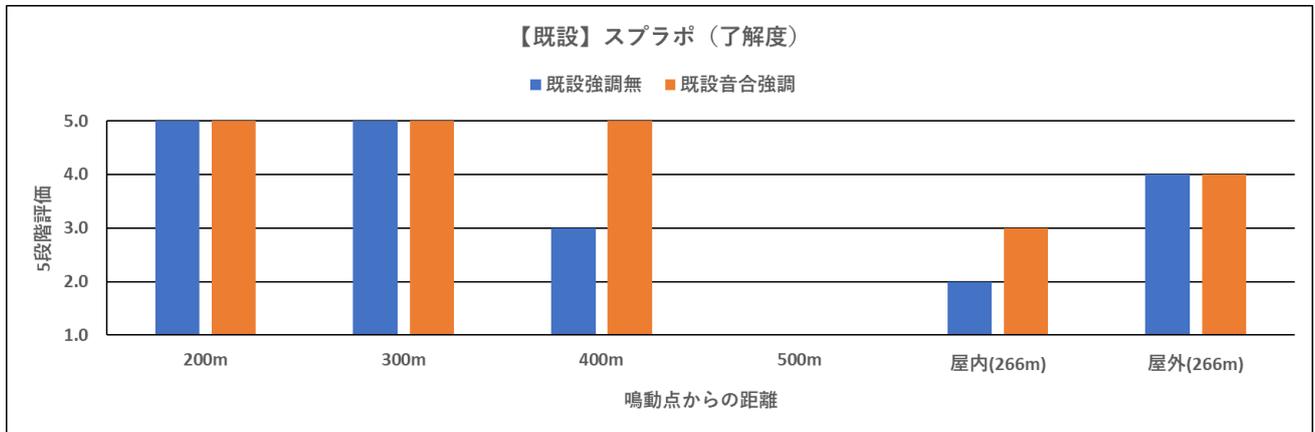


図 136 既設操作卓での音合強調の効果【了解度】

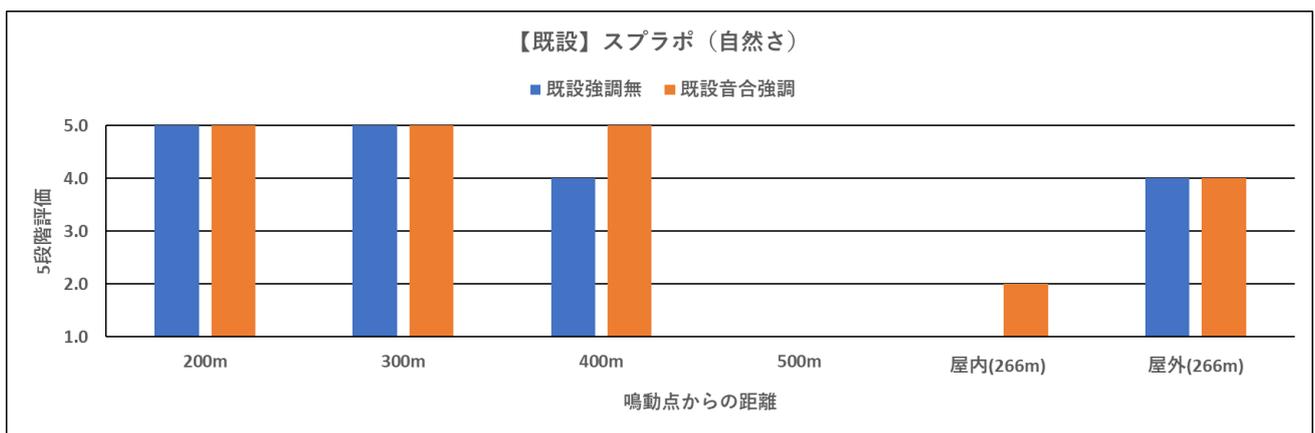


図 137 既設操作卓での音合強調の効果【自然さ】

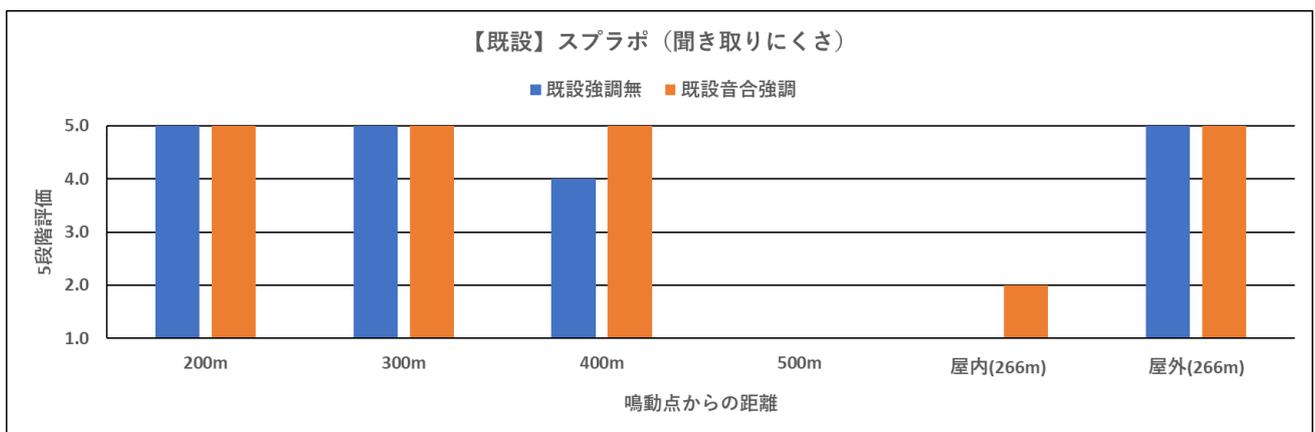


図 138 既設操作卓での音合強調の効果【聞き取りにくさ】

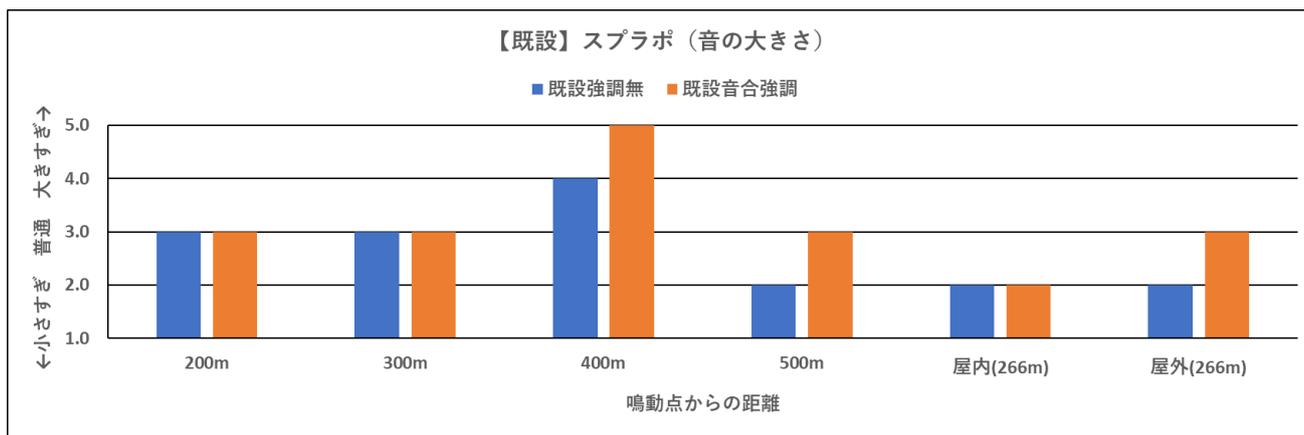


図 139 既設操作卓での音合強調の効果【音の大きさ】

## 2.2.6. 実験の様子

	
<p>スプラポ鳴動地点</p>	<p>スプラポ集会場（室内）</p>
	
<p>稲郷町有地鳴動地点</p>	<p>稲郷町有地測定中</p>
	
<p>寄自然休養村測定中</p>	<p>寄自然休養村集会場（室内）</p>

図 140 実験の様子

## 2.3. 第三回実証実験詳細

### 2.3.1. 実験目的

屋外で音声改善施策の有無やスピーカー種を組合せ等毎に放送を行い、複数名の被験者により心理評価法を用いた聴感評価を実施する。また、物理評価法（SII）との結果比較も行う。本実験では、成人と高齢者の聞こえ方の違いや、複数スピーカーを用いた場合の影響なども検証する。

### 2.3.2. 実験日程

日時：2024年12月5日 13:00～16:25

2024年12月6日 10:00～16:40

場所：神奈川県足柄上郡松田町（3か所）

### 2.3.3. 評価者

聴感評価は、下記人員で実施した。

12月5日：56名（高齢者：9名、消防庁：3名、検討委員：4名、学生：3名

UNIPEX：8名、TOA：4名、エアアイ：4名、FG：21名）

年齢構成は、20代：15名、30代：10名、40代：8名、

50代：11名、60代：3名、70代：9名

12月6日：54名（高齢者：9名、消防庁：2名、検討委員：3名、学生：2名

UNIPEX：8名、TOA：4名、エアアイ：4名、FG：22名）

年齢構成は、20代：15名、30代：9名、40代：7名、

50代：9名、60代：5名、70代：9名

### 2.3.4. 実験詳細

#### 2.3.4.1. 実験概要

高所作業車上に設置した各種スピーカーから放送し、複数の聴取ポイントで複数名による聴感評価を実施した。

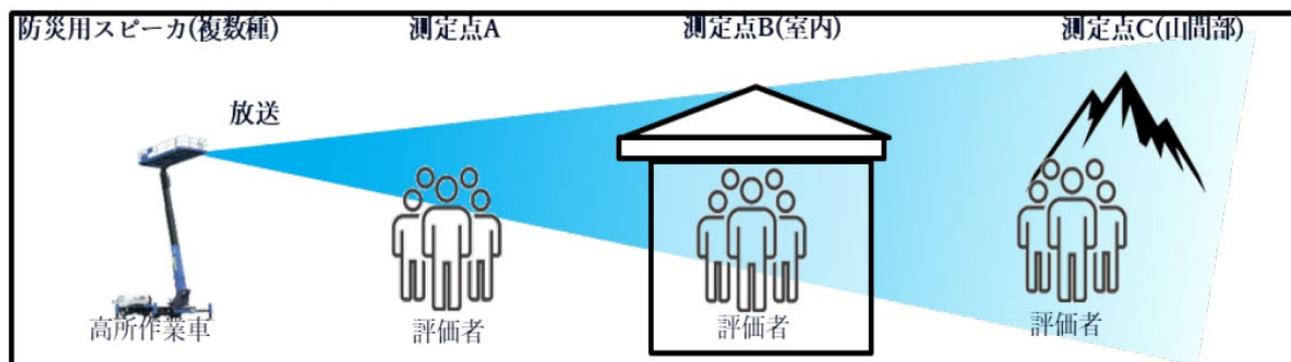


図 141 第三回実証実験イメージ

## 2.3.4.2. 実験環境

### 2.3.4.2.1. 実験場所

実験は第二回実証実験と同じく松田町の3地点で実施した。各地点に複数箇所の聴取点を設け、評価者複数名を配置し聴感評価を実施した。

#### 2.3.4.2.1.1. 実験場所一覧

表 39 第三回実証実験評価場所一覧

実験日	評価場所	地点No	聴取点	評価者		緯度経度
				成人	高齢者	
12月5日	旧松田土木事務所 スプラポ	1	鳴動地点	2	-	35.34124305800069,139.14172332420404
		2	100m地点	3	-	35.34039305347593,139.1413038086387
		3	200m地点	4	-	35.33946944533056,139.14127674311933
		4	300m地点	8	3	35.338586807154755,139.14115624788562
		5	400m地点	8	3	35.33785844725272,139.14122703272096
		6	500m地点	9	3	35.337249098929476, 139.1400046679939
		7	600m地点 (水神宮公園)	8	-	35.33637192820943, 139.1385785771176
		8	500m地点 (三角堤公園)	5	-	35.33837555832556,139.13745486652215
12月6日	稲郷町有地	1	鳴動地点	2	-	35.40970665492096,139.1358776634968
		2	100m地点	3	-	35.408797372514876,139.13581047261974
		3	200m地点	4	-	35.40792321259435,139.1360247893583
		4	300m地点	4	-	35.40704167252927,139.13625164866409
		5	400m地点	8	3	35.406145390739674,139.1364789149342
		6	500m地点	8	3	35.40527769728083,139.1366575382499
		7	600m地点	8	3	35.40438659562347,139.13683616156166
		8	700m地点	4	-	35.403520183181286,139.13693982688017
		9	800m地点	4	-	35.402614112500075,139.1370347205212
	寄自然休養村 スピーカー1方向	1	鳴動地点	2	-	35.40155531558034,139.1372532307196
		2	120m地点集会場(屋外)	3	-	35.4016637842102,139.13589995470224
			120m地点集会場(屋内)	4	3	
		3	300m地点	4	-	35.40373752929138,139.13522106126229
		4	400m地点	8	3	35.404680392710866, 139.1350419608897
		5	500m地点	8	3	35.40474715576731, 139.13336961753086
		6	600m地点	8	-	35.40531556950176, 139.1325059462326
		7	中間300m地点	4	-	35.402703884511176, 139.13427332569665
		9	400m川沿い地点	4	-	35.40513458373838,139.13660876409836
	寄自然休養村 スピーカー2方向	1	鳴動地点	2	-	35.40155531558034,139.1372532307196
		2	120m地点集会場(屋外)	3	-	35.4016637842102,139.13589995470224
			120m地点集会場(屋内)	4	3	
		3	300m地点	4	-	35.40373752929138,139.13522106126229
		4	400m地点	4	-	35.404680392710866, 139.1350419608897
		5	500m地点	8	3	35.40474715576731, 139.13336961753086
		6	600m地点	4	-	35.40531556950176, 139.1325059462326
		7	中間300m地点	8	3	35.402703884511176, 139.13427332569665
		8	中間400m地点	4	-	35.4025533226715,139.13299686180926
9	400m川沿い地点	4	-	35.40513458373838,139.13660876409836		

### 2.3.4.2.1.2. スプラポ聴取点



図 142 スプラポ聴取点

### 2.3.4.2.1.3. 稲郷町有地聴取点

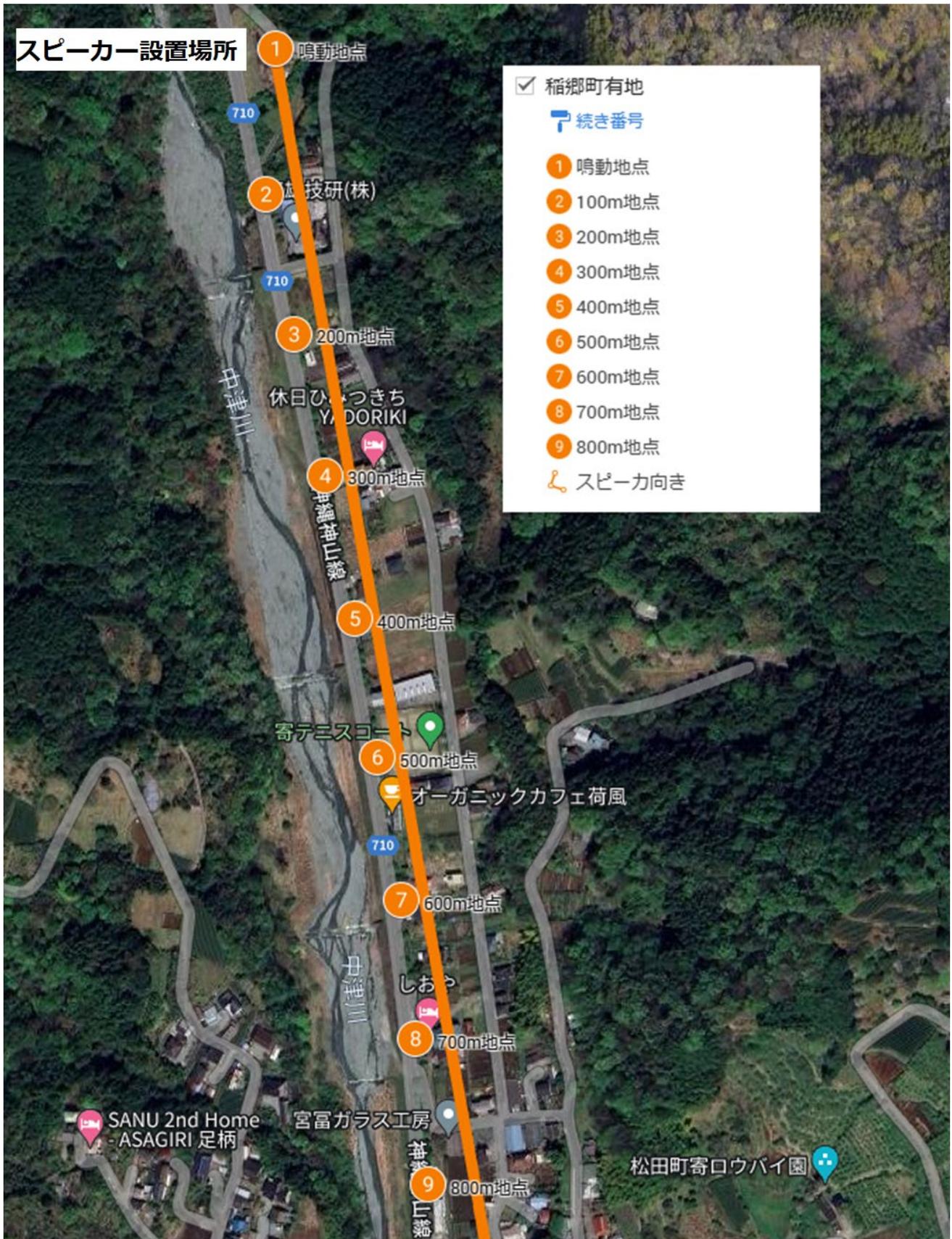


図 143 稲郷町有地聴取点

### 2.3.4.2.1.4. 寄自然休養村聴取点

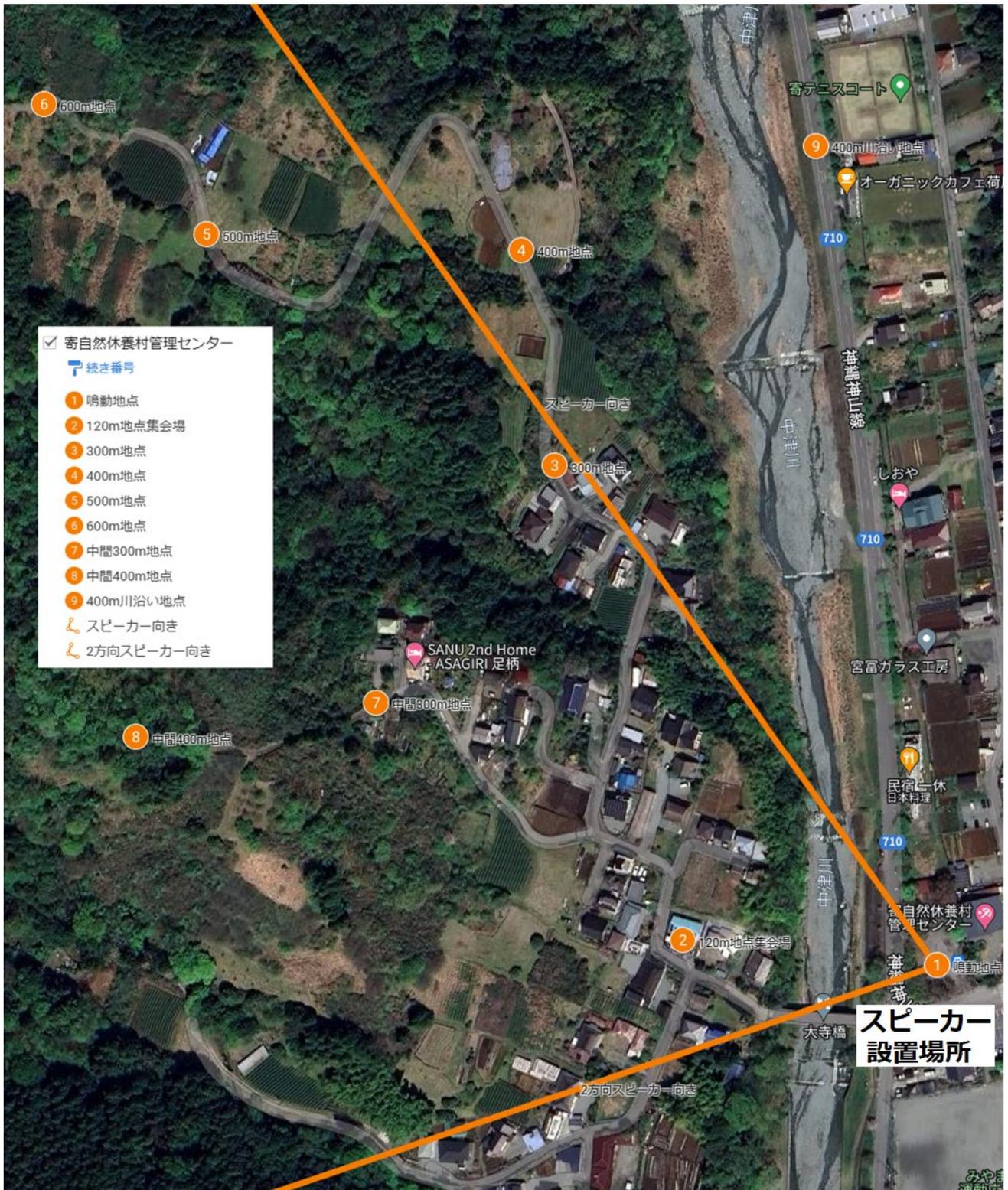


図 144 寄自然休養村聴取点

### 2.3.4.2.2.放送用スピーカー

表 40 放送用スピーカー仕様

No.	名称 (型番)	定格	出力音圧レベル (1W,1m 換算値)	指向角(2kHz)		再生周波数 特性(Hz)
				水平	垂直	
1	ストレートホーン (H-510LM/30T)	30W	110dB 以上	70°	70°	180~6,500
2	ラインアレイ A (SC-B30)	30W	116dB	85°	20°	450~8,000
3	ラインアレイ B (HA-2040MK2)	30W	119dB	90°	15°	300~9,000
4	ラインアレイ C (HC-B60)	30W	118dB	60°	20°	350~9,000

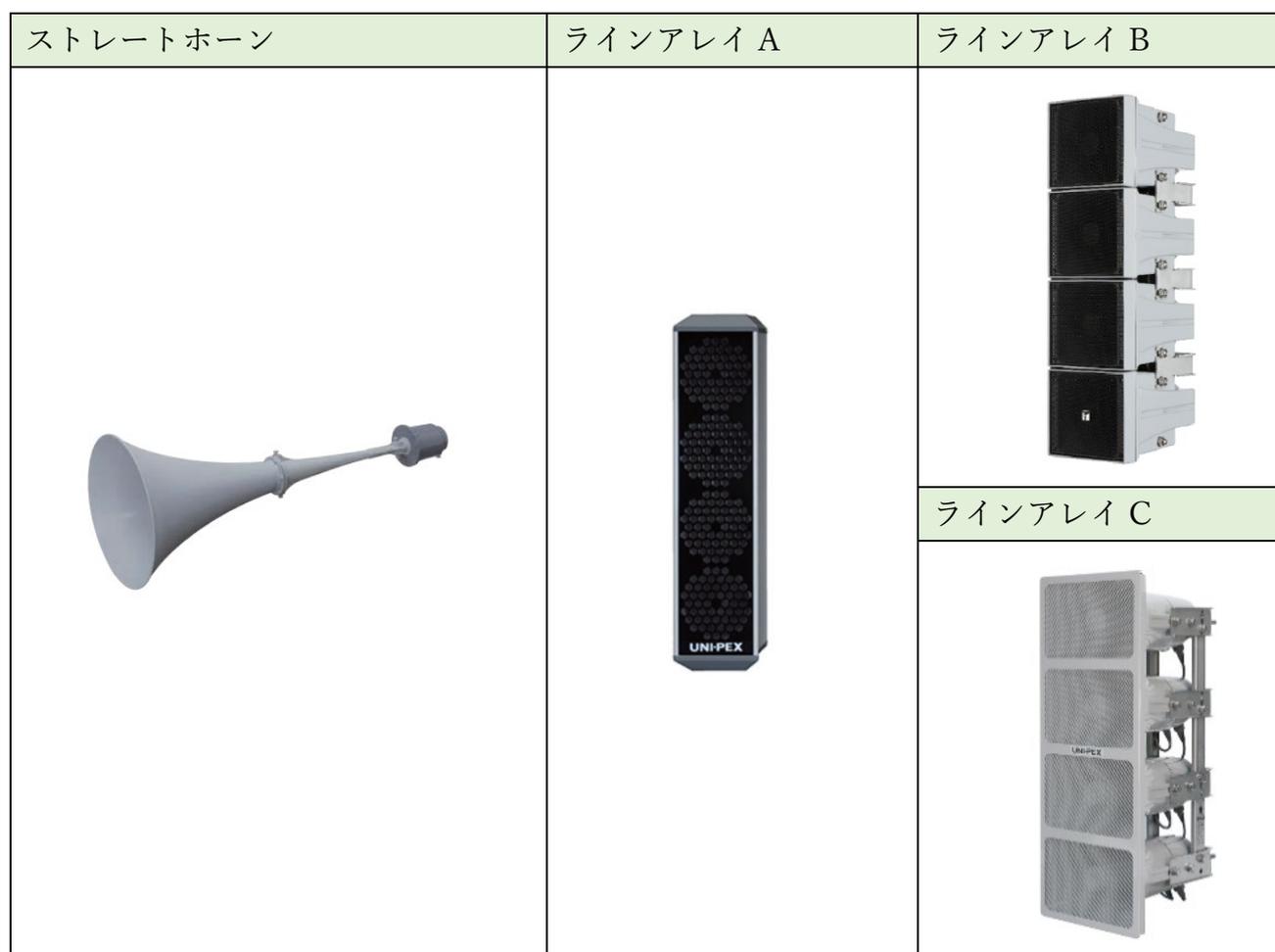


図 145 試験スピーカー外観

### 2.3.4.2.3.その他設備

表 41 その他設備

No.	名称	メーカー	型番	備考
1	屋外子局	富士通ゼネラル	CR604EFJ	放送用
2	拡声アンプ	富士通ゼネラル	EA-168	放送用
3	騒音計	小野測器	LA7500	
4	温度湿度計	ノースワン	KADEC21UHTV-C	
5	風向風速計	ノースワン	KADEC-R-KAZE	

### 2.3.4.2.4.機器セッティング

各地点におけるスピーカーのセッティング条件は下記の通り。

表 42 スピーカーセッティング

	スプラポ	稲郷	寄 (1方向)	寄 (2方向)
高さ	約 14m	約 14m	約 14m	約 14m
方角	TN200°	TN170°	TN325°	TN250°
チルト角	-3.5°	-5.0°	+2.0°	+1.0°

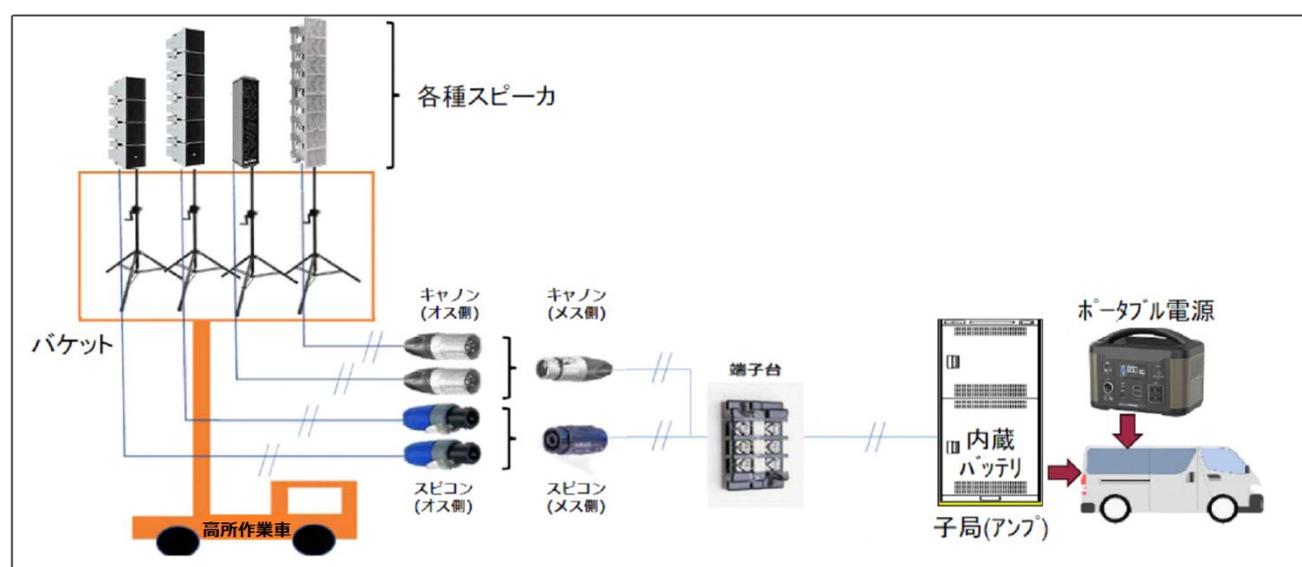


図 146 放送設備

### 2.3.4.3. 実験音声

実験では下記音声を送信に使用した。

音声合成（株式会社エーアイ）：男性：せいじ、女性：のぞみ

表 43 音声放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	(上りチャイム)	3 秒
2	こちらは、防災、松田です。	14 秒
3	これは、試験放送です。	8 秒
4	試験放送を、終了します。	9 秒
5	(下りチャイム)	3 秒
合計		37 秒

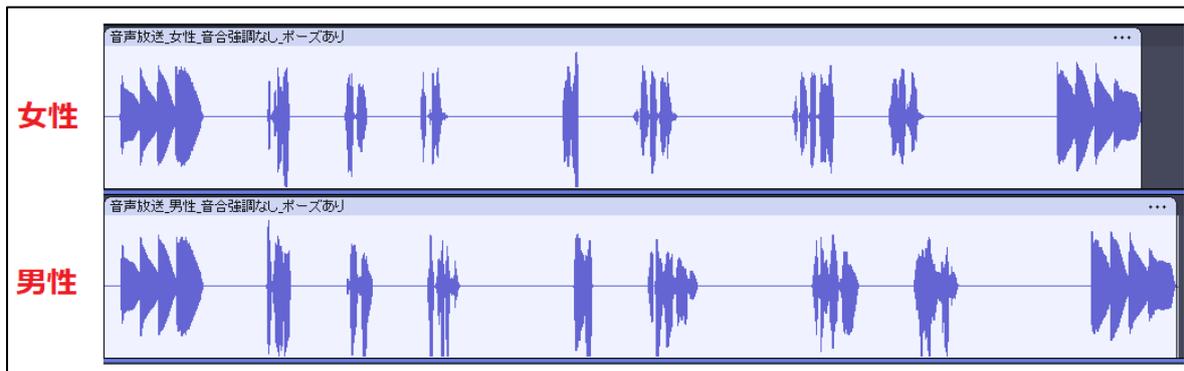


図 147 音声放送波形（女性・男性）

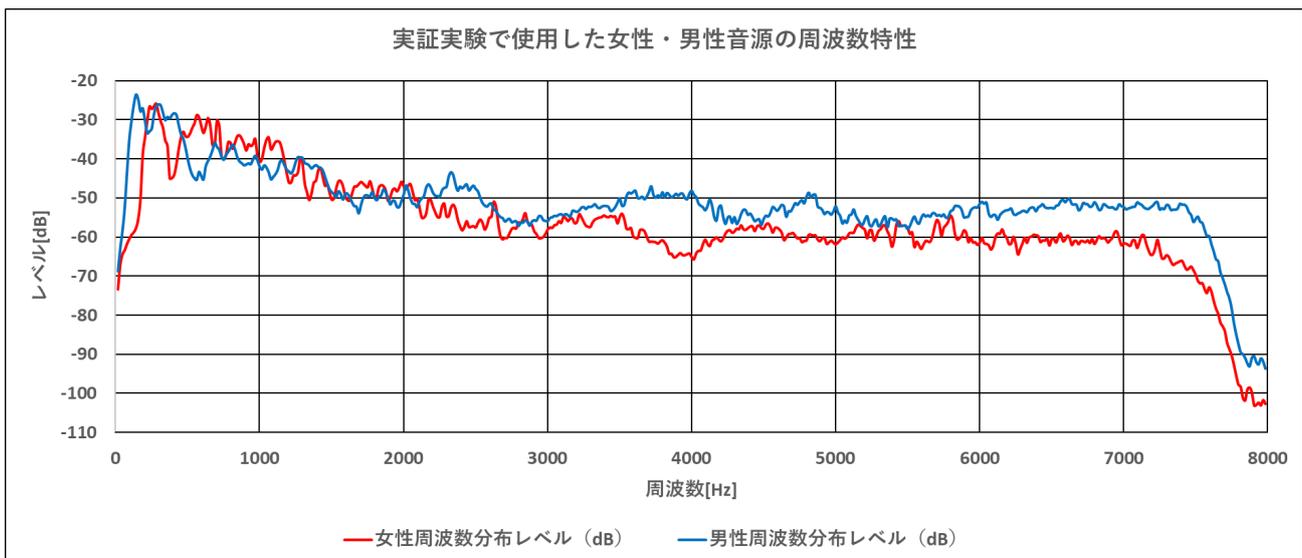


図 148 音声放送（女性・男性）の周波数特性

表 44 サイレン放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	(上りチャイム)	3 秒
2	こちらは、防災、松田です。	14 秒
3	サイレン試験を、行います。	13 秒
4	(サイレン音)	5 秒
5	試験放送を、終了します。	9 秒
6	(下りチャイム)	3 秒
合計		47 秒

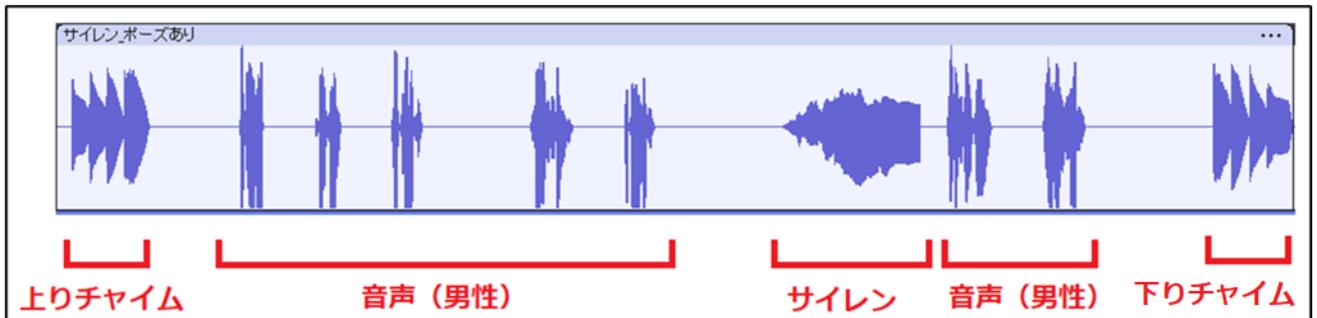


図 149 サイレン放送波形

### 2.3.4.4. 実験内容

スプラボ、稲郷町有地、寄自然休養村の3か所で聴感評価を実施した。  
 実験では、話者（男女）、音声改善の有無、スピーカー種の組合せを変えて、各地点で複数回放送し、評価基準に沿って採点した。

#### 2.3.4.4.1. 実験パターン

表 45 スプラボのパターン

No.	サイレン	話者		音声改善			スピーカー種類				
		男性	女性	なし	音合強調	音合強調+ 子局強調	ストレート ホーン	ライン アレイA	ライン アレイB	ライン アレイC	2種 スピーカー
1	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-
2	-	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-
3	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-
4	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-
5	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-
6	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-
7	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-	-
8	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-
9	-	-	○	-	-	○	-	-	-	○	-
10	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-	-
11	-	○	-	-	○	-	○	-	-	-	-
12	-	○	-	-	-	○	○	-	-	-	-
13	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-

表 46 稲郷町有地のパターン

No.	サイレン	話者		音声改善			スピーカー種類				
		男性	女性	なし	音合強調	音合強調+ 子局強調	ストレート ホーン	ライン アレイA	ライン アレイB	ライン アレイC	2種 スピーカー
1	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-
2	-	-	○	-	○	-	-	-	○	-	-
3	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-
4	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-
5	-	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-
6	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-
7	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-
8	-	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-
9	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-	-
10	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-
11	-	-	○	-	-	○	-	-	-	○	-
12	-	○	-	○	-	-	-	-	○	-	-
13	-	○	-	-	○	-	-	-	○	-	-
14	-	○	-	-	-	○	-	-	○	-	-
15	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-

表 47 寄自然休養村のパターン

No.	サイレン	話者		音声改善			スピーカー種類				
		男性	女性	なし	音合強調	音合強調+ 子局強調	ストレート ホーン	ライン アレイA	ライン アレイB	ライン アレイC	2種 スピーカー
1	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-
2	-	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-
3	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-	-
4	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-
5	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-
6	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-
7	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-
8	-	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-
9	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	-
10	-	○	-	-	-	○	-	○	-	-	-
11	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ストレート&ストレート
12	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ラインアレイA&ラインアレイA
13	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ラインアレイB&ラインアレイB
14	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ストレート&ラインアレイA
15	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ストレート&ラインアレイB
16	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-

2.3.4.4.2. 評価基準

評価の際は、各地点毎に下記のようなチェックシートを使用した。

12/5(木) 松田町 旧松田土木事務所 (スプラボ) 試験チェックシート

地点  m 見通し:   FUJITSU GENERAL CONFIDENTIAL

グループ: (①~⑧)	所屬: (○を)	消防庁・委員会・学生・シルバー UNIPEX・TOA・AI・FG	氏名:	年代: (○を)	10代・20代・30代・40代 50代・60代・70代
----------------	-------------	-------------------------------------	-----	-------------	--------------------------------

放送ごとに、採点基準に従って当てはまる数字に○をつけてください。

A-13については音声部分とサイレン部分のそれぞれについて○をつけてください。

試験 番号	了解度					聞き取りにくさ					自然さ (不快感)					音の大きさ					コメント (任意) 点数では表せない違いなど	風 向 ↑↓ ←→	場 動 時 [dB]	音 質 音 [dB]
	←良い		悪い→			←良い		悪い→			←良い		悪い→			←大 ← 適切 → 小→								
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-2	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-3	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-4	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-5	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-6	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-7	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-8	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-9	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-10	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-11	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-12	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-13	【放送部分】					【放送部分】					【放送部分】					【放送部分】								
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
	【サイレン部分】																							
																+2	+1	0	-1	-2				

図 150 評価者用チェックシート例

また、聴感評価は下記の評価基準で採点した。

表 48 評価基準

評点	了解度	聞き取りにくさ	自然さ（不快感）	評点	音の大きさ
5	全ての放送文面を聞き取れる ⇒全ての文言を聞き取れ、放送内容を全て理解できる	聞き取りにくい ⇒苦勞なく全ての文言を聞き取れる	自然である ⇒キンキンする、機械的、耳障りといった人間の音声としての違和感・不自然さは全くなく、自然な音声に感じる	+2	大きすぎる ⇒放送音がうるさすぎる
4	8割程度の放送文面を聞き取れる ⇒大部分の文言が聞き取れ、放送内容はほぼ理解できる	やや聞き取りにくい ⇒やや勞力をかければ全ての文言を聞き取れる	ほぼ自然で不快感はない ⇒人間の音声として不自然さを感じる部分もあるが、不快には感じない	+1	やや大きい ⇒放送音がややうるさい
3	5割程度の放送文面を聞き取れる ⇒聞き取れない文言が多いが、放送内容はある程度理解できる	かなり聞き取りにくい ⇒かなり勞力をかければ全ての文言を聞き取れる	2割程度が不自然であり、やや不快感がある ⇒人間の音声として不自然さを時々感じ、やや不快に感じる	0	ちょうどよい ⇒放送音の音量について特段の印象はない
2	2割程度の放送文面を聞き取れる ⇒時々しか文言が聞き取れず、放送内容はあまり理解できない	非常に聞き取りにくい ⇒全力で集中すれば全ての文言を聞き取れる	5割程度が不自然であり、不快感がある ⇒人間の音声として不自然さを感じる部分が多く、不快に感じる	-1	やや小さい ⇒放送音の音量、あるいは周囲の騒音に対して放送音の音量が小さく、放送音の流れを捉えにくい
1	放送文面を聞き取れない ⇒ほぼ全ての文言が聞き取れず、放送内容は全く理解できない	聞き取れない場合がある ⇒全力で集中しても聞き取れない文言がある	8割程度が不自然であり、かなり不快感がある ⇒大部分で人間の音声として不自然さを感じ、かなり不快に感じる	-2	小さすぎる ⇒放送音の音量、あるいは周囲の騒音に対して放送音の音量が小さすぎ、放送音の流れを捉えられない。放送音が聞こえない

### 2.3.5. 実験結果

主観（聴感）評価と SII 計算の結果について以下に示す。

#### 2.3.5.1. 主観評価結果

##### 2.3.5.1.1. スピーカー種による違い

##### 2.3.5.1.1.1. 了解度

##### 2.3.5.1.1.1.1. スプラボ

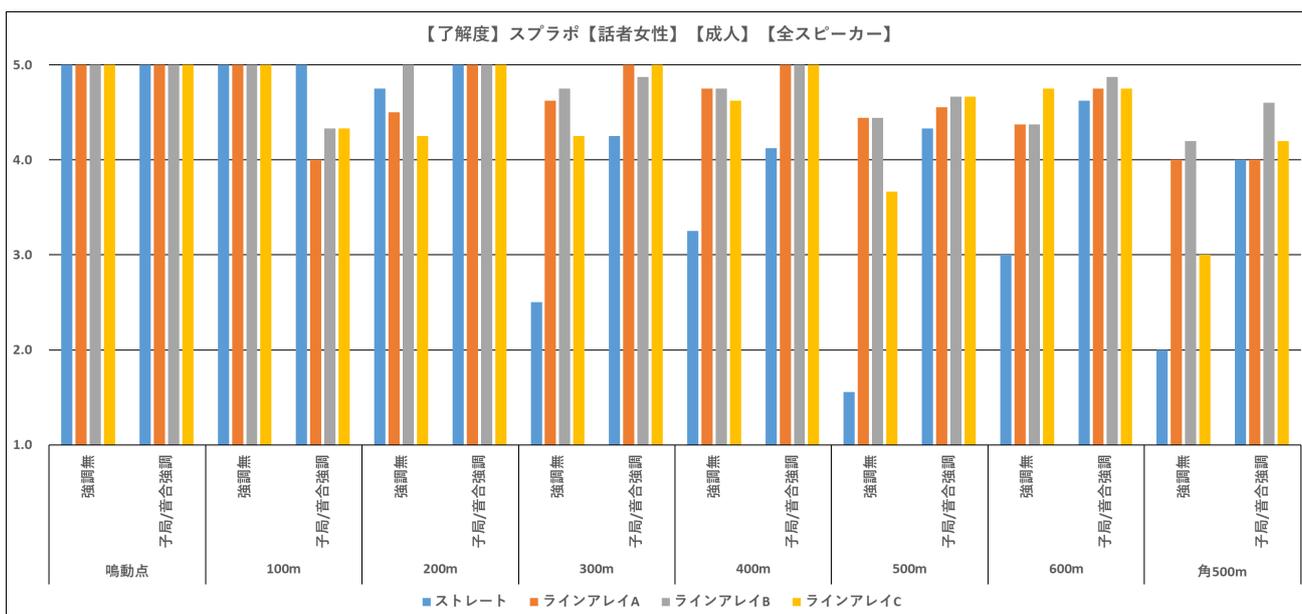


図 151 スピーカー比較【了解度、スプラボ、女性、成人、全スピーカー】

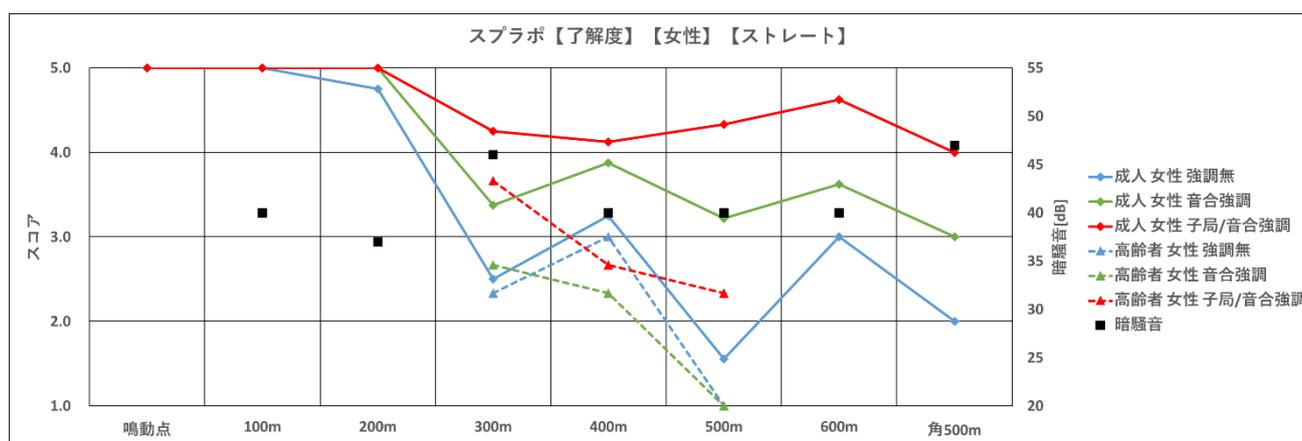


図 152 ストレートホーン【了解度、スプラボ、女性】

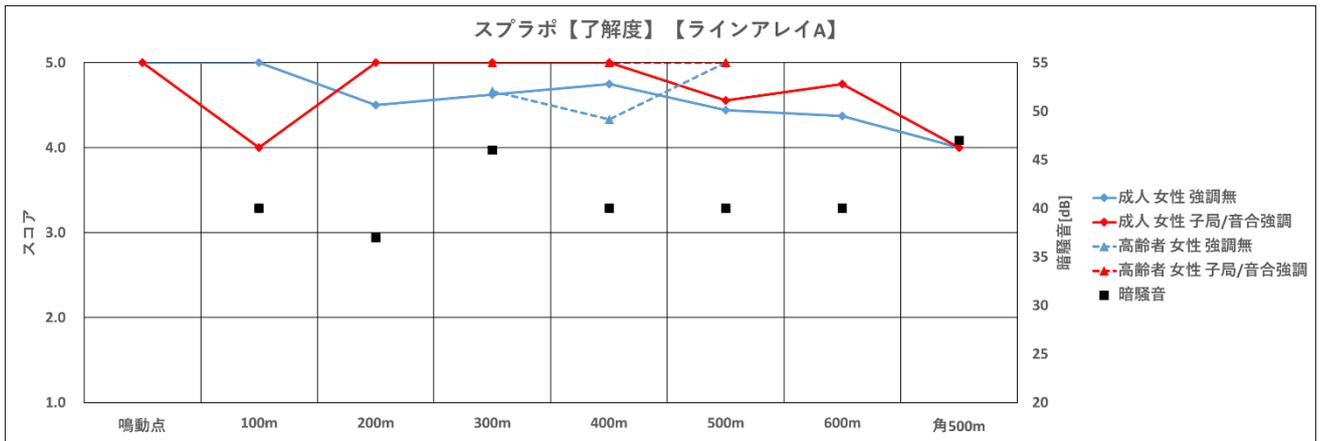


図 153 ラインアレイ A【了解度、スプラボ、女性】

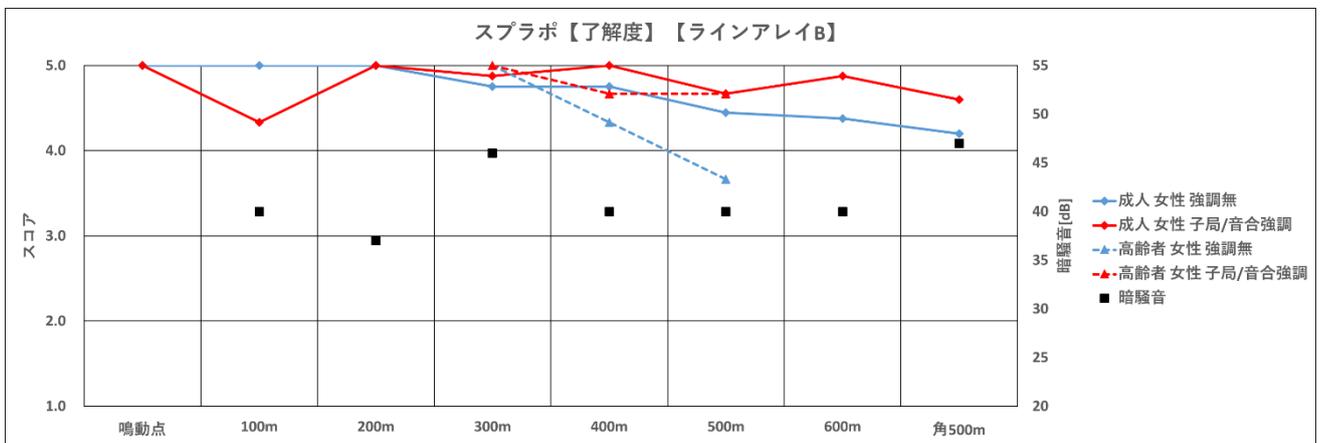


図 154 ラインアレイ B【了解度、スプラボ、女性】

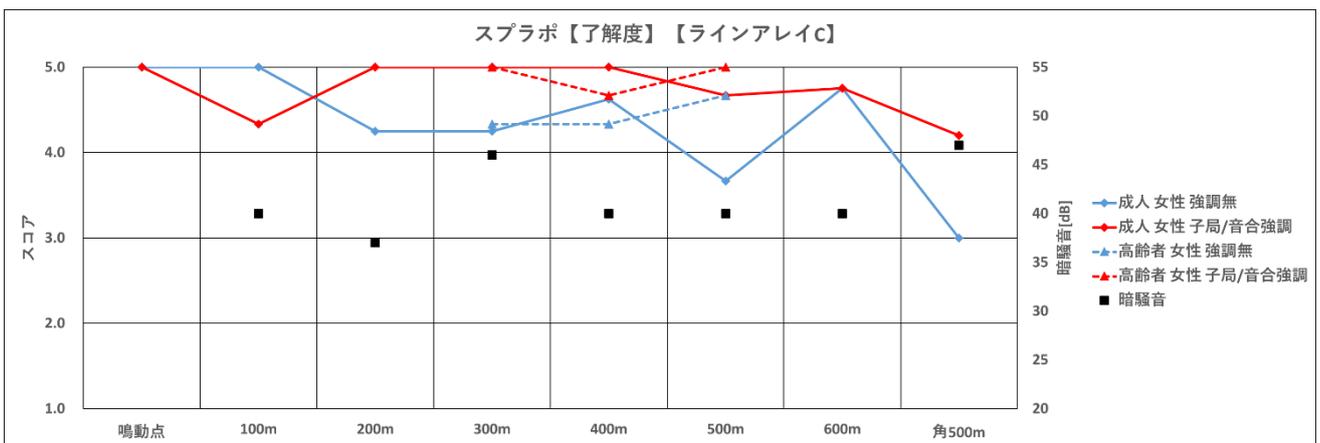


図 155 ラインアレイ C【了解度、スプラボ、女性】

### 2.3.5.1.1.1.2. 稲郷町有地

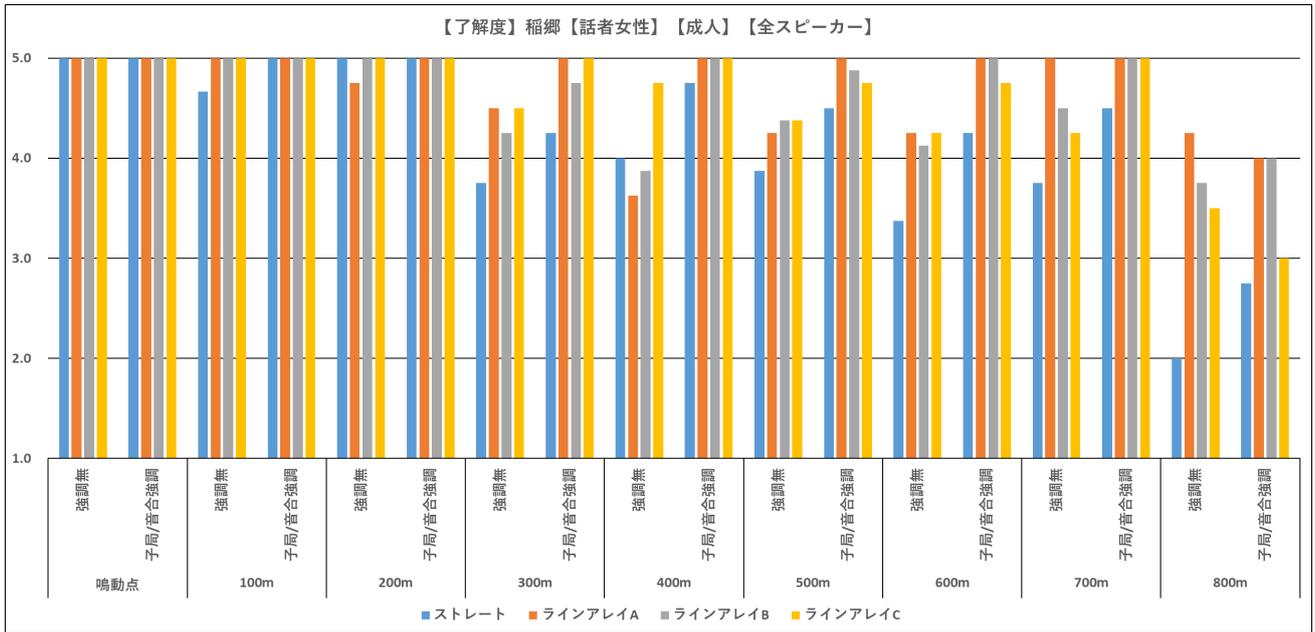


図 156 スピーカー比較【了解度、稲郷町有地、女性、成人、全スピーカー】

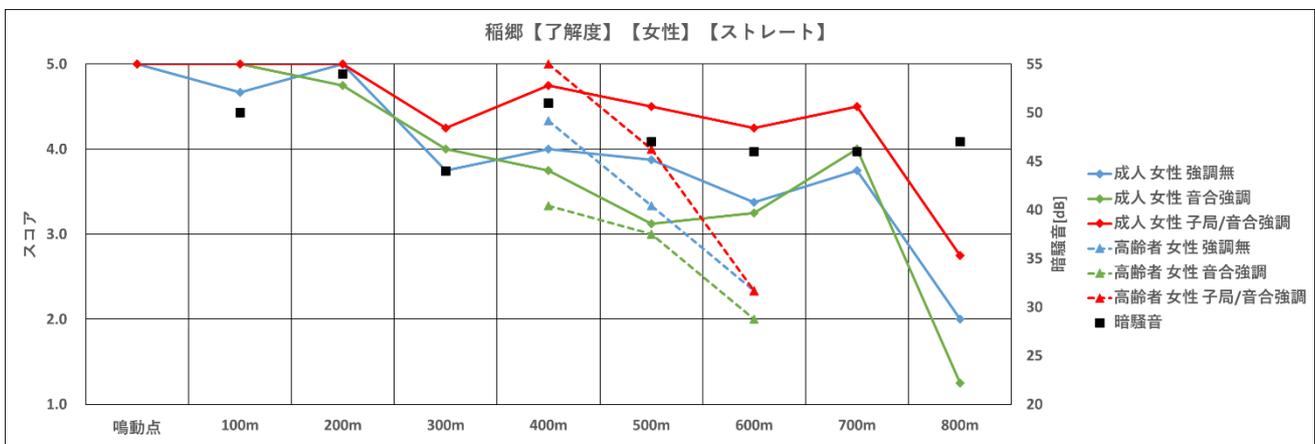


図 157 ストレートホン【了解度、稲郷町有地、女性】

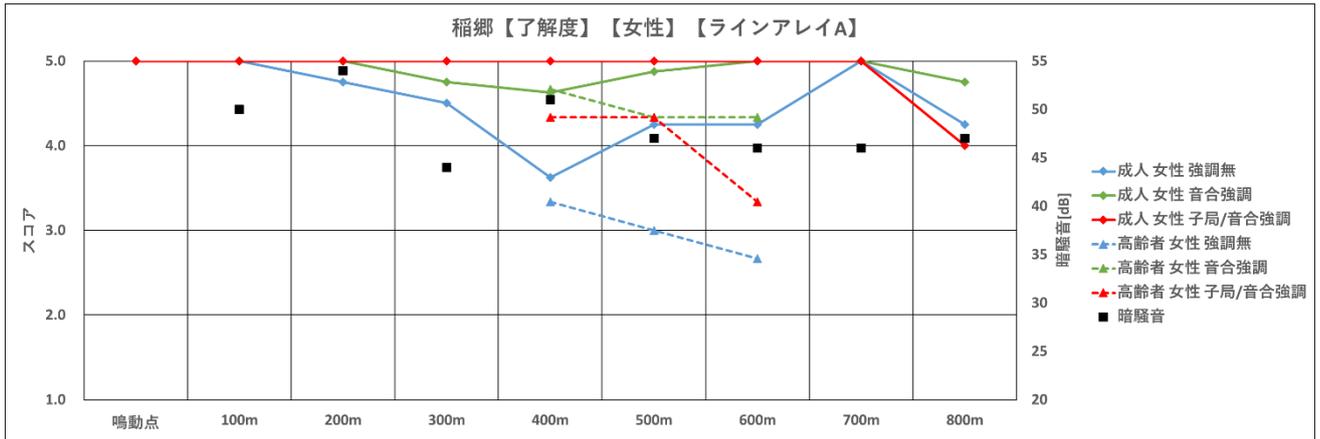


図 158 ラインアレイ A 【了解度、稲郷町有地、女性】

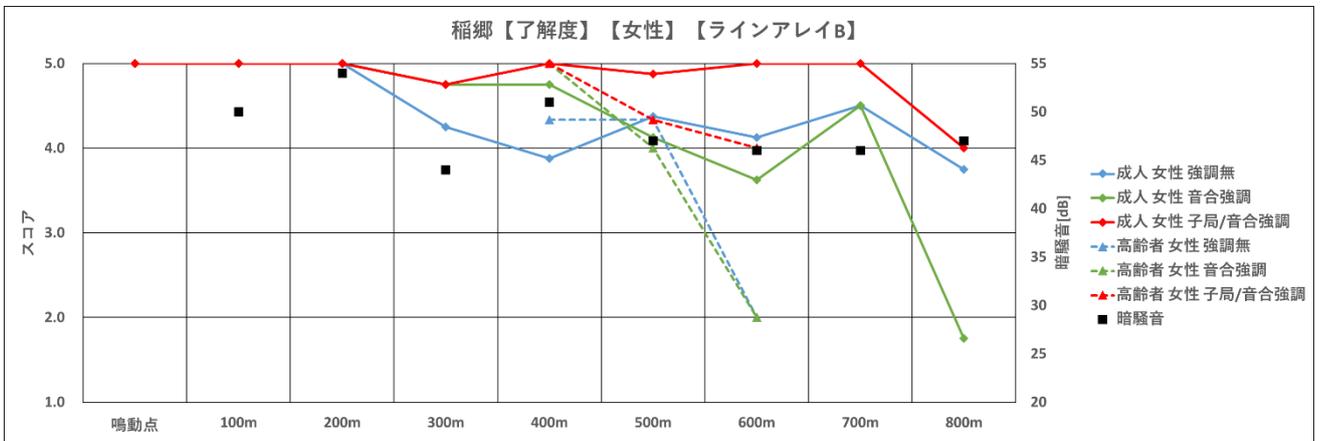


図 159 ラインアレイ B 【了解度、稲郷町有地、女性】

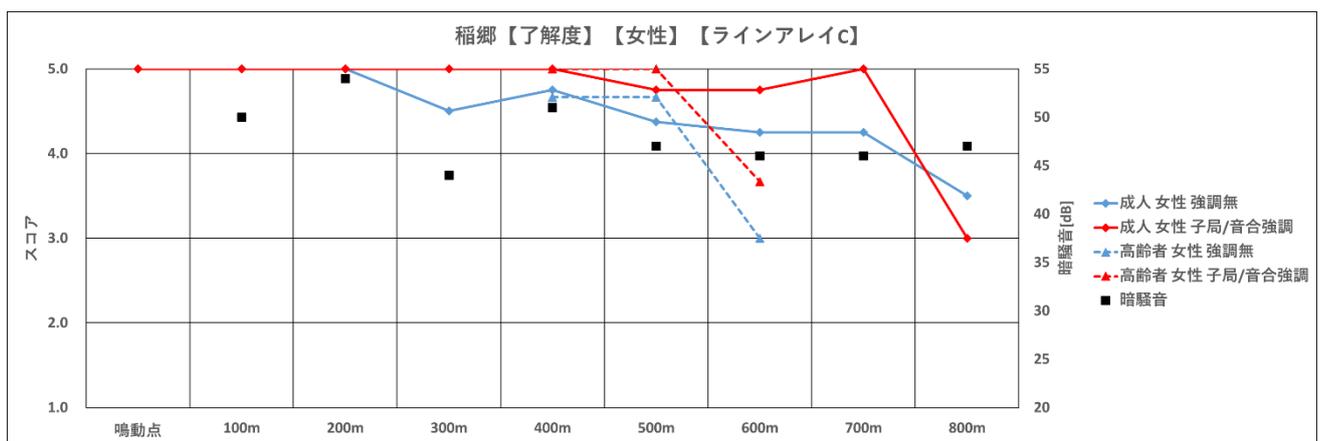


図 160 ラインアレイ C 【了解度、稲郷町有地、女性】

### 2.3.5.1.1.1.3. 寄自然休養村

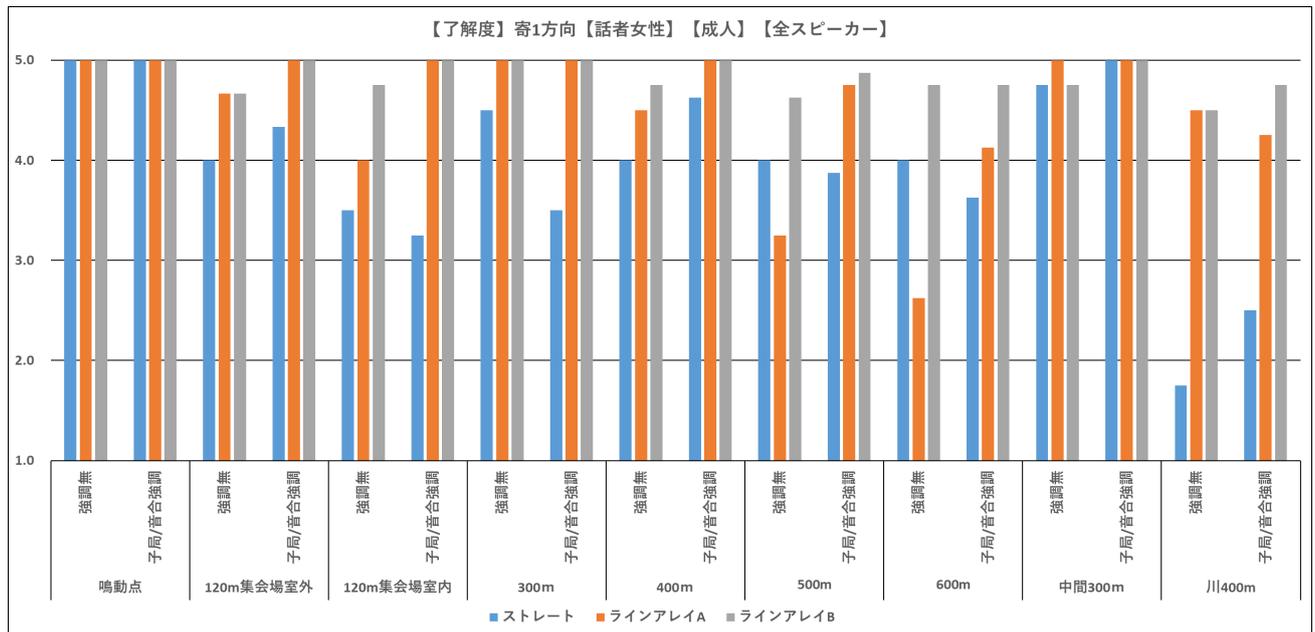


図 161 スピーカー比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人、全スピーカー】

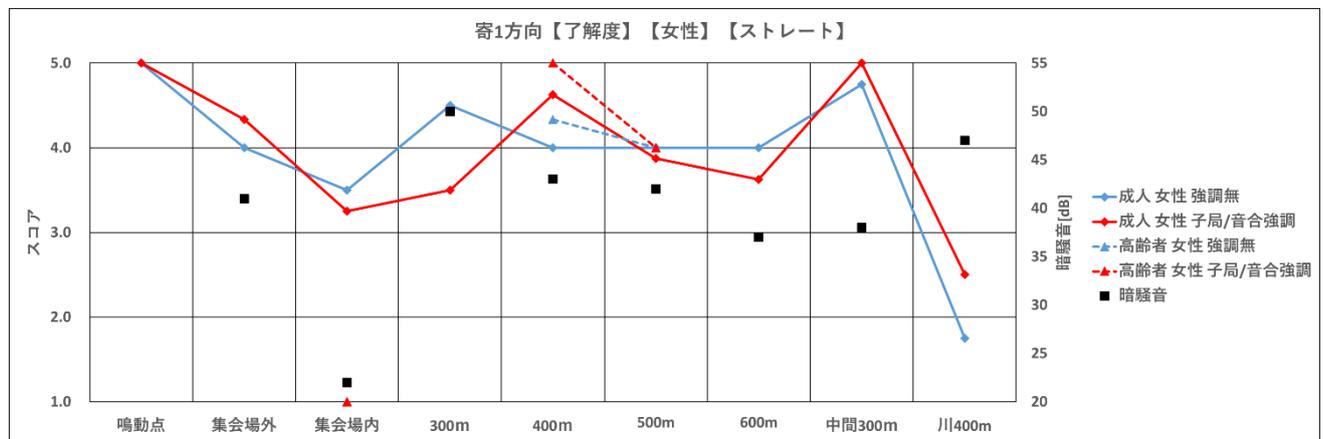


図 162 ストレートホン【了解度、寄自然休養村、女性】

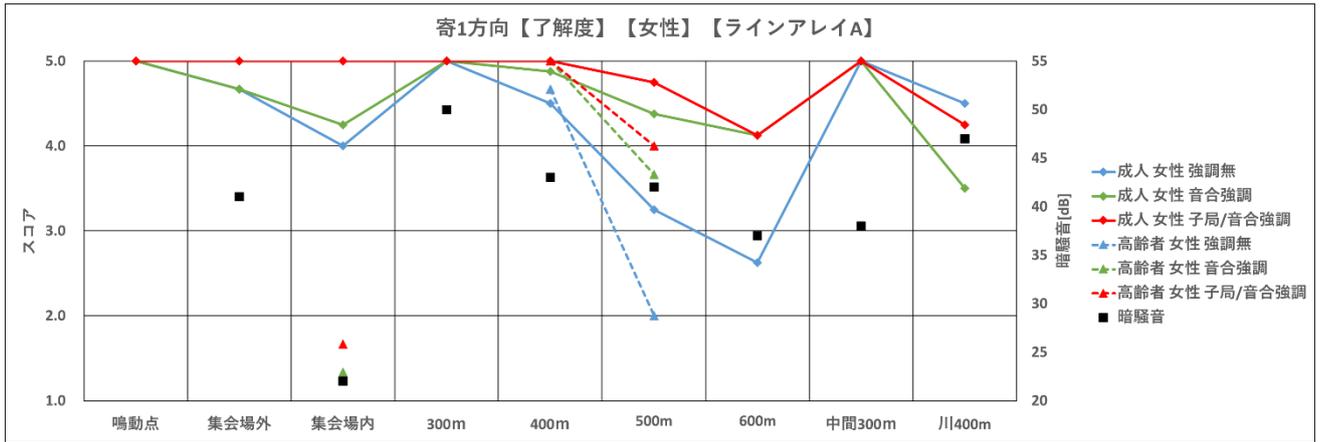


図 163 ラインアレイ A【了解度、寄自然休養村、女性】

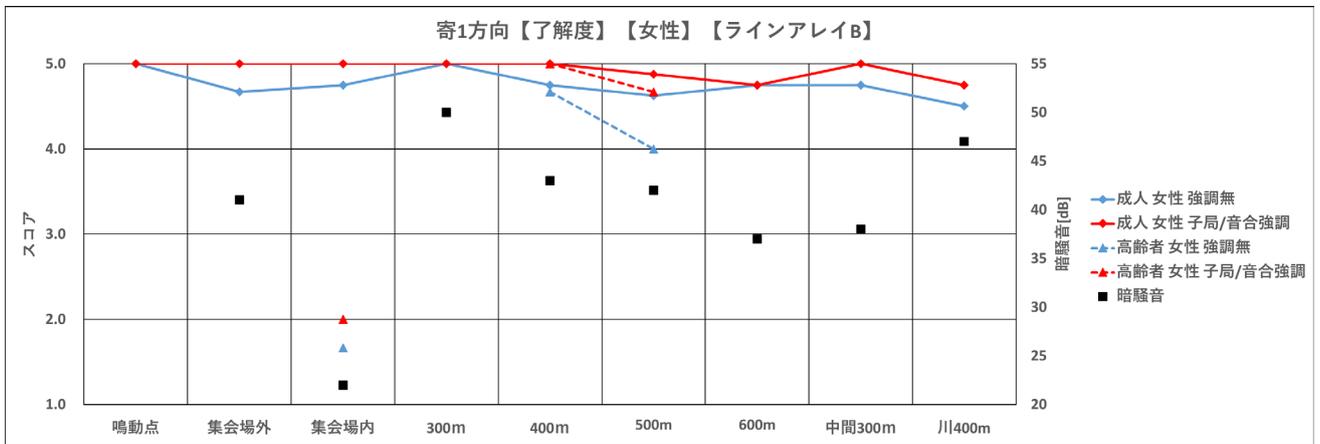


図 164 ラインアレイ B【了解度、寄自然休養村、女性】

### 2.3.5.1.1.2. 聞き取りにくさ

#### 2.3.5.1.1.2.1. スプラボ

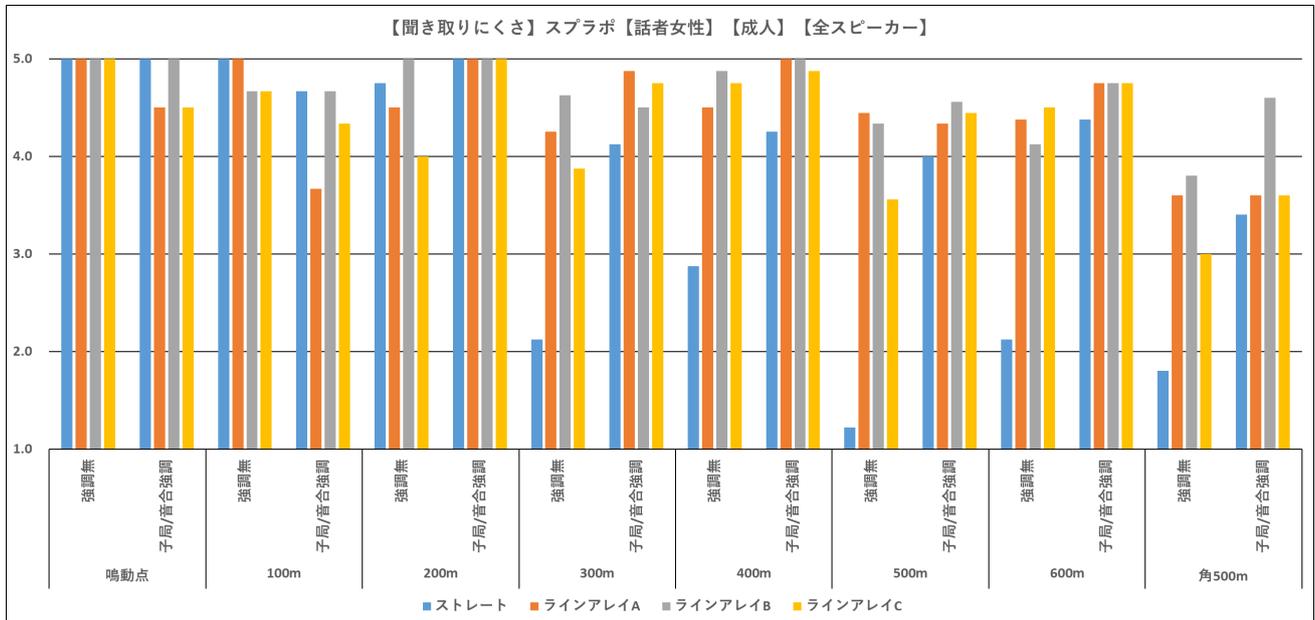


図 165 スピーカー比較【聞き取りにくさ、スプラボ、女性、成人、全スピーカー】

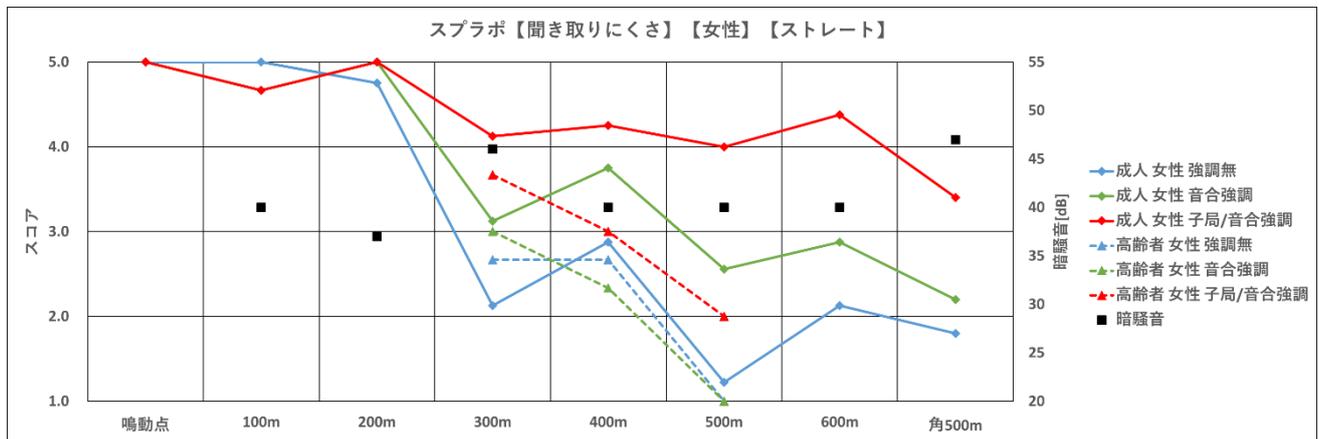


図 166 ストレートホーン【聞き取りにくさ、スプラボ、女性】

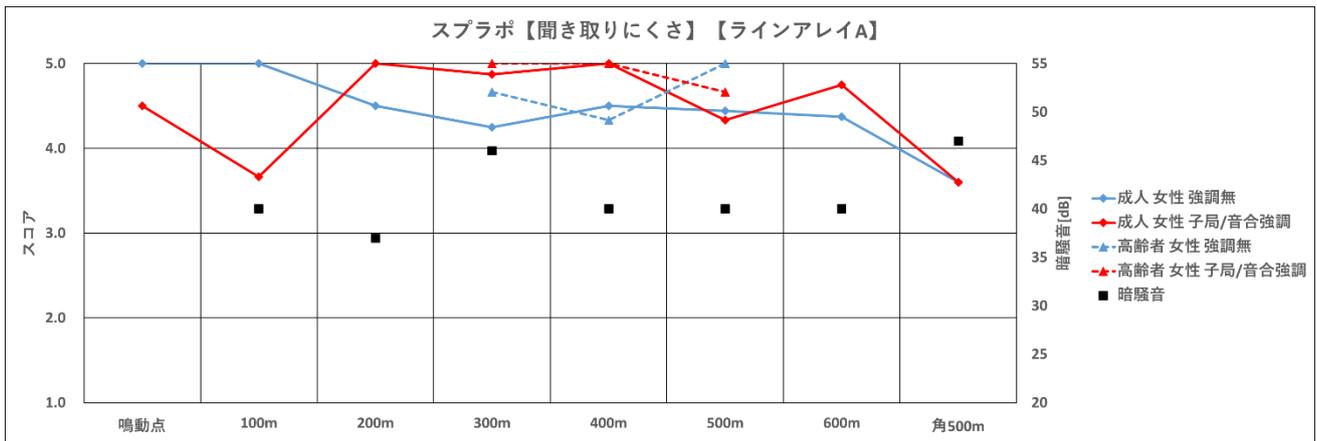


図 167 ラインアレイ A【聞き取りにくさ、スプラボ、女性】

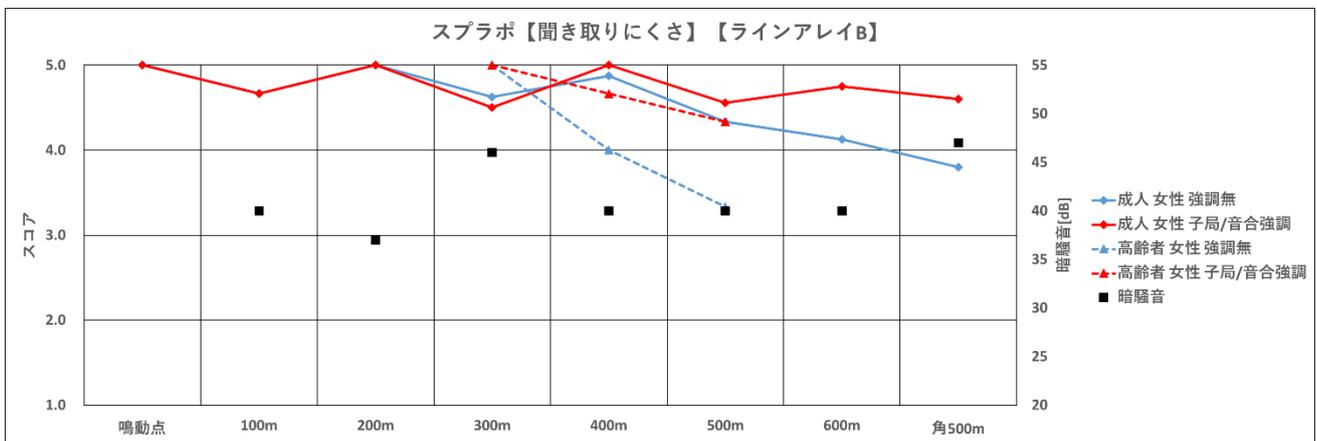


図 168 ラインアレイ B【聞き取りにくさ、スプラボ、女性】

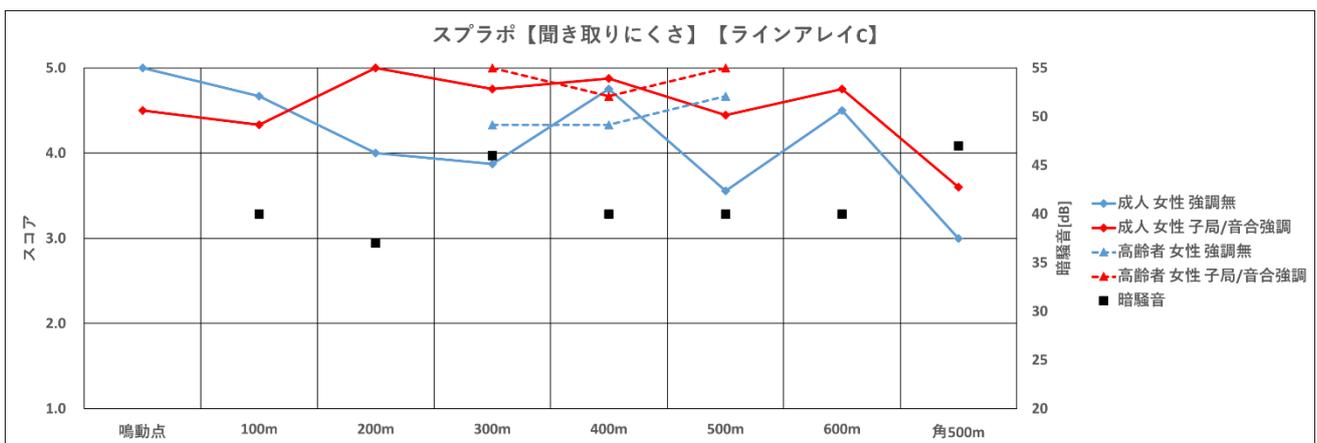


図 169 ラインアレイ C【聞き取りにくさ、スプラボ、女性】

### 2.3.5.1.1.2.2. 稲郷町有地

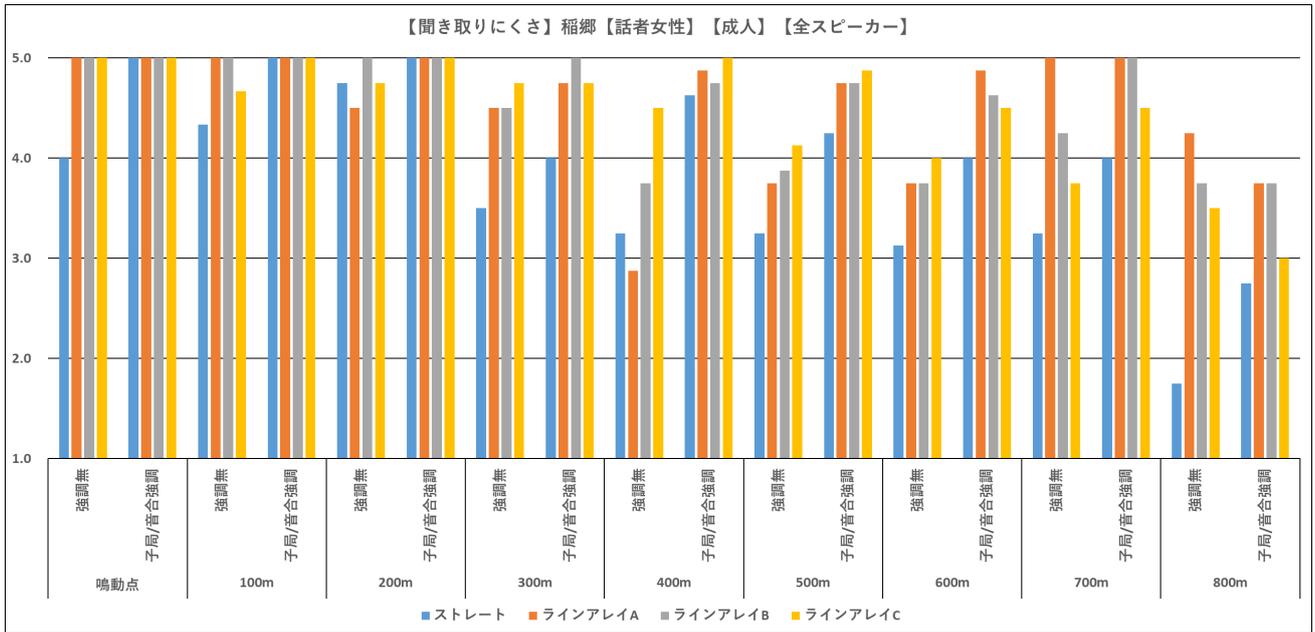


図 170 スピーカー比較【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性、成人、全スピーカー】

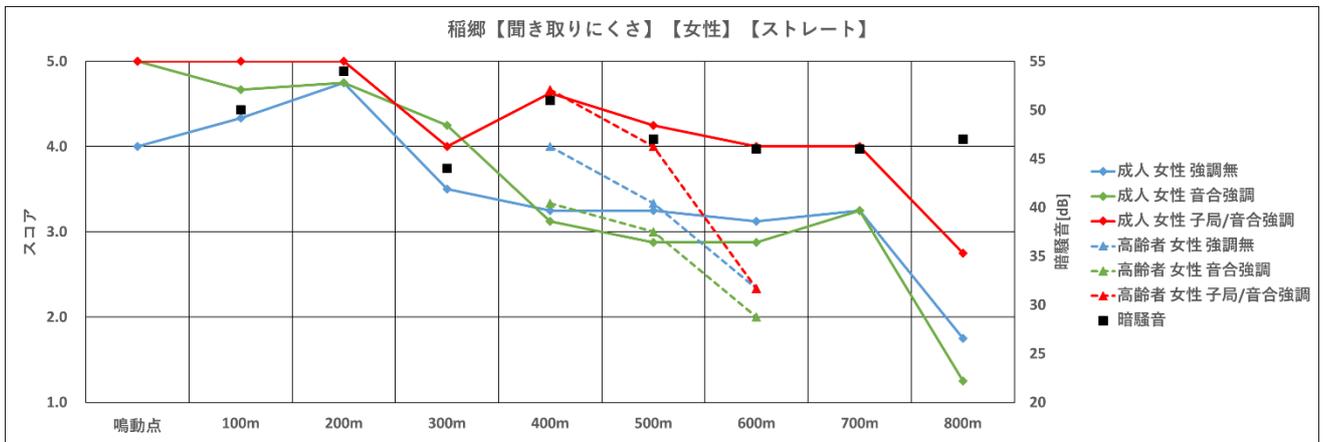


図 171 ストレートホン【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

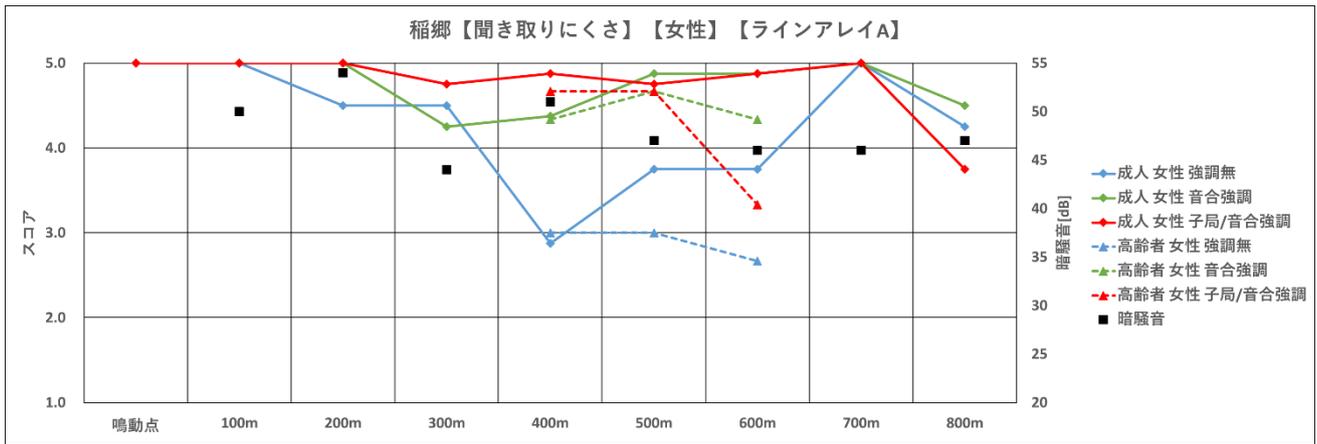


図 172 ラインアレイ A【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

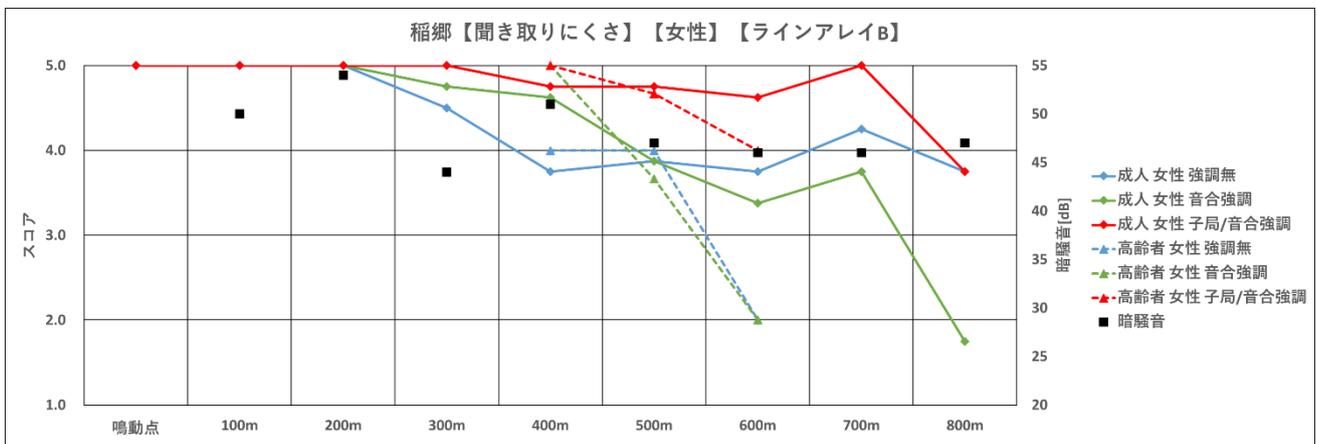


図 173 ラインアレイ B【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

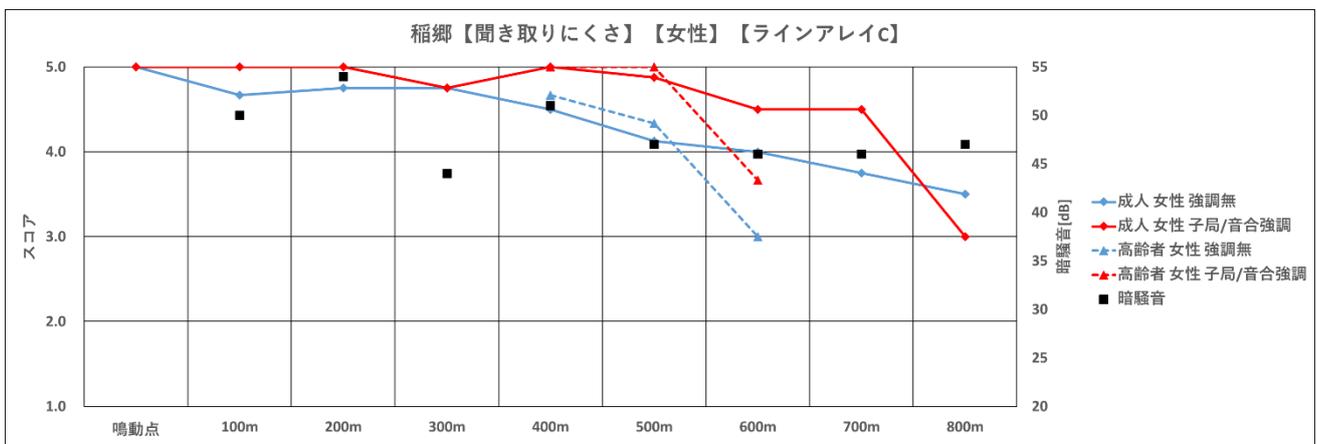


図 174 ラインアレイ C【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

### 2.3.5.1.1.2.3. 寄自然休養村

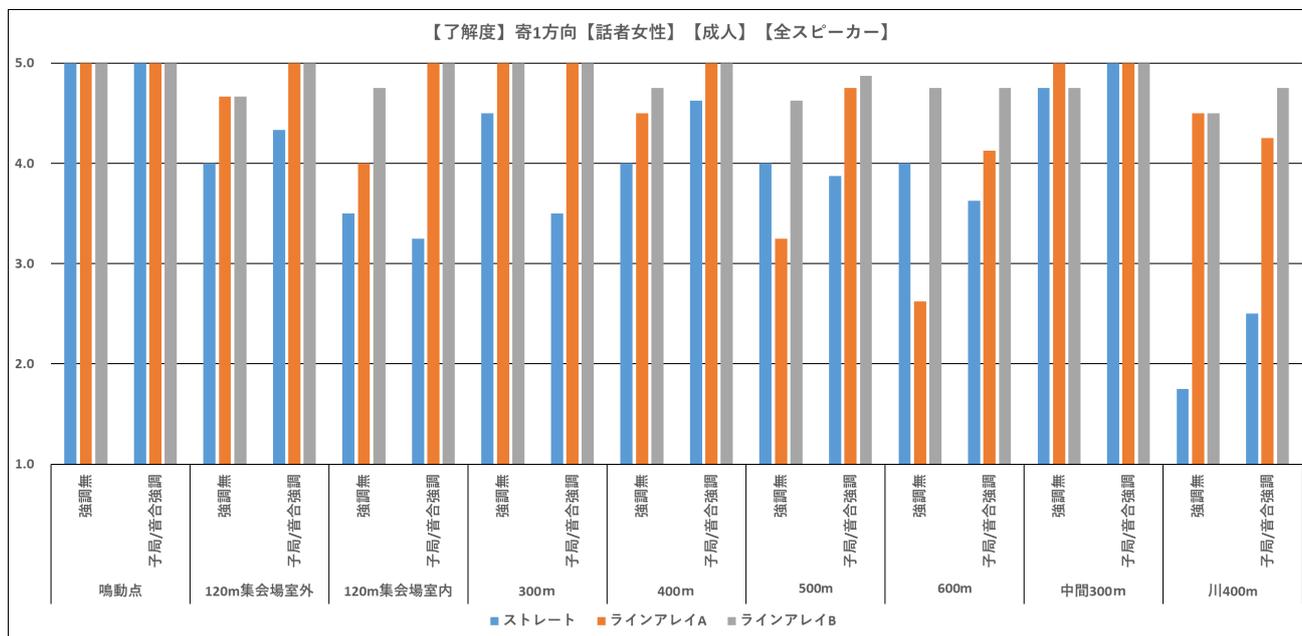


図 175 スピーカー比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人、全スピーカー】

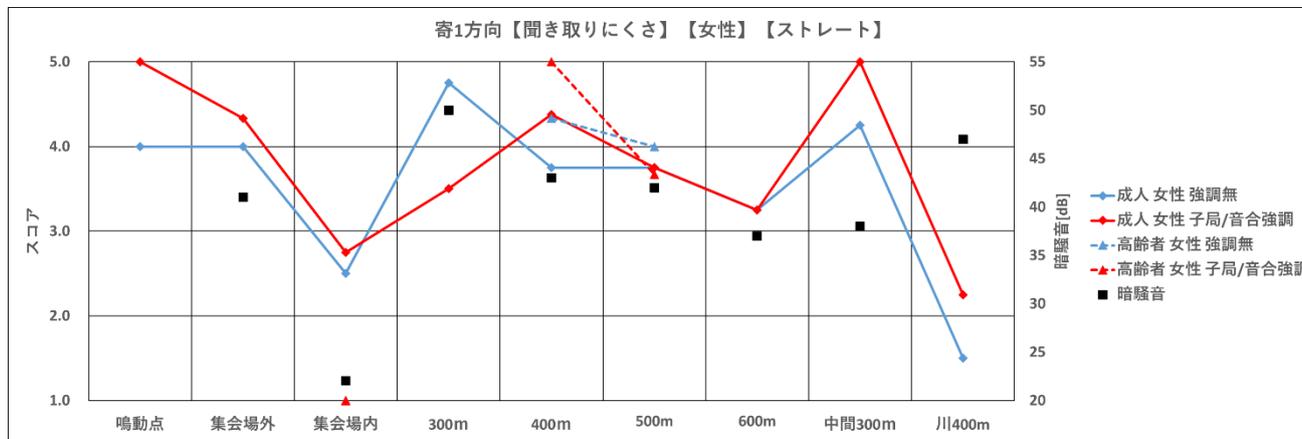


図 176 ストレートホーン【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性】

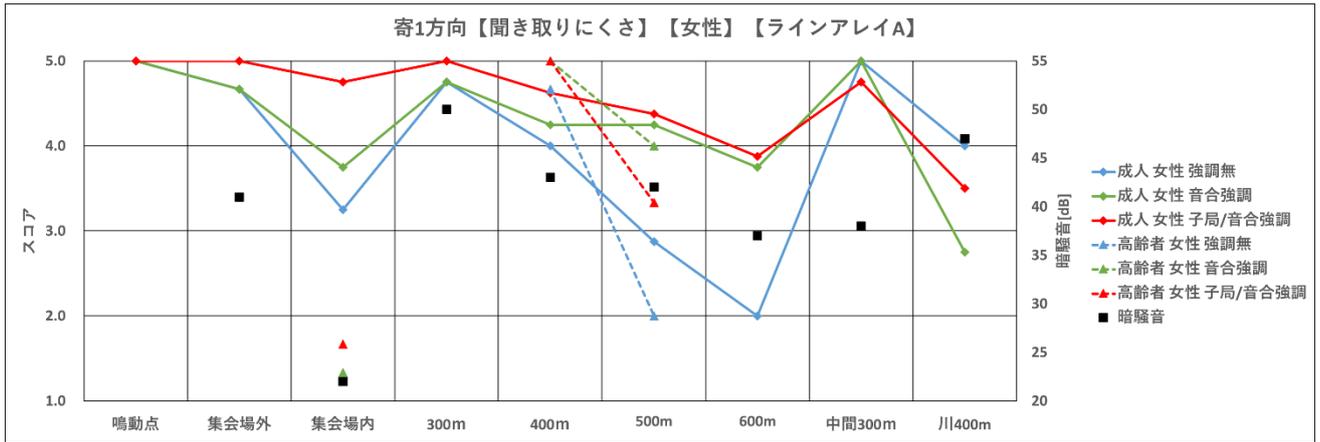


図 177 ラインアレイ A 【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性】

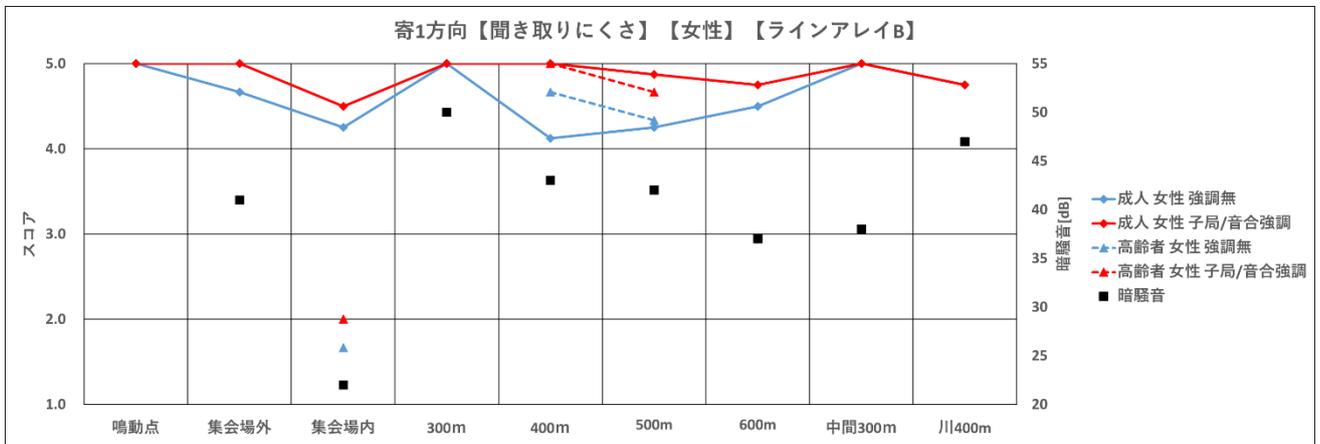


図 178 ラインアレイ B 【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性】

### 2.3.5.1.1.3. 自然さ

#### 2.3.5.1.1.3.1. スプラボ

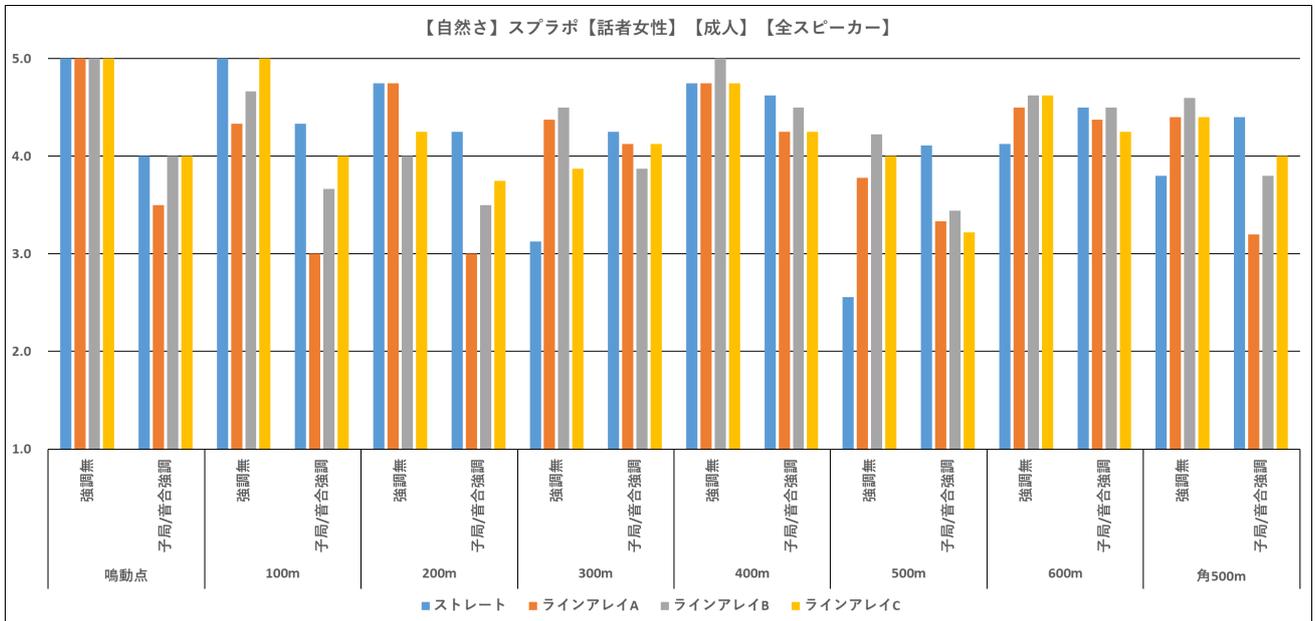


図 179 スピーカー比較【自然さ、スプラボ、女性、成人、全スピーカー】

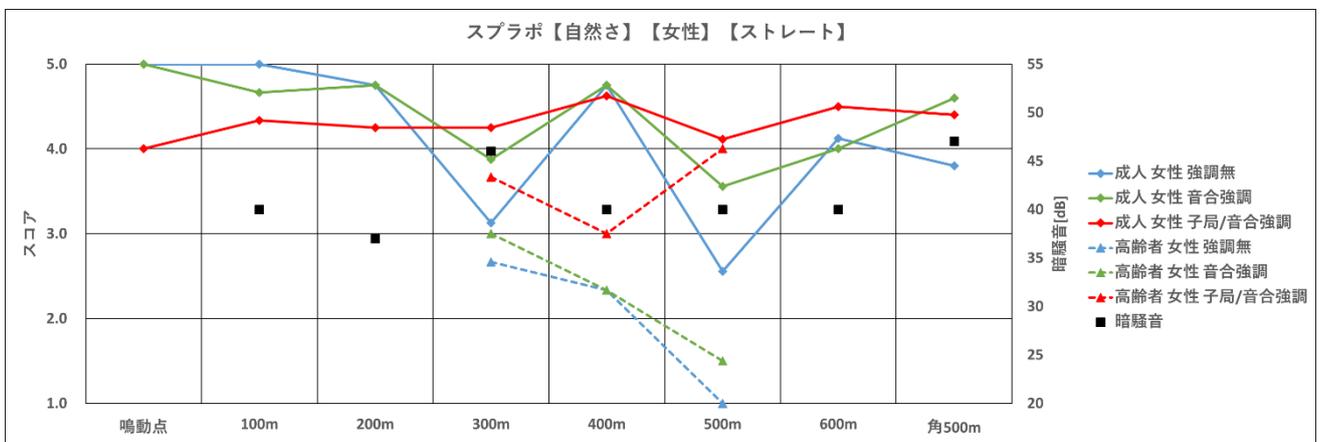


図 180 ストレートホーン【自然さ、スプラボ、女性】

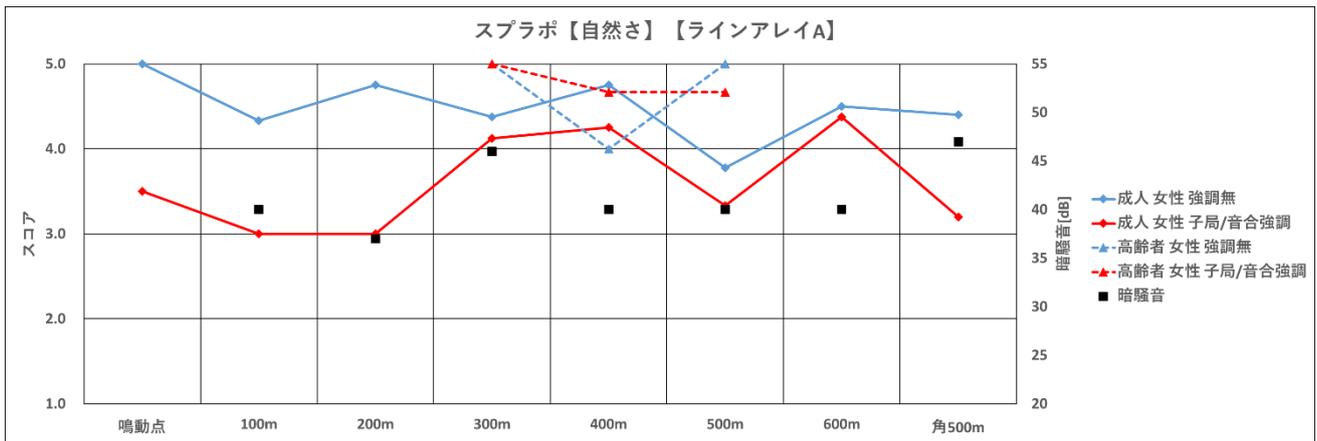


図 181 ラインアレイ A【自然さ、スプラポ、女性】

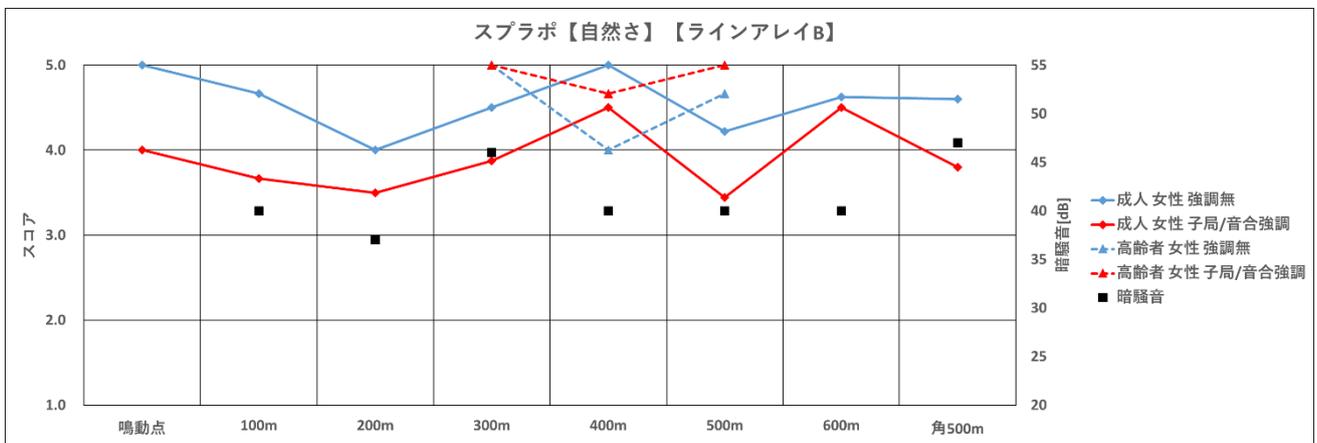


図 182 ラインアレイ B【自然さ、スプラポ、女性】

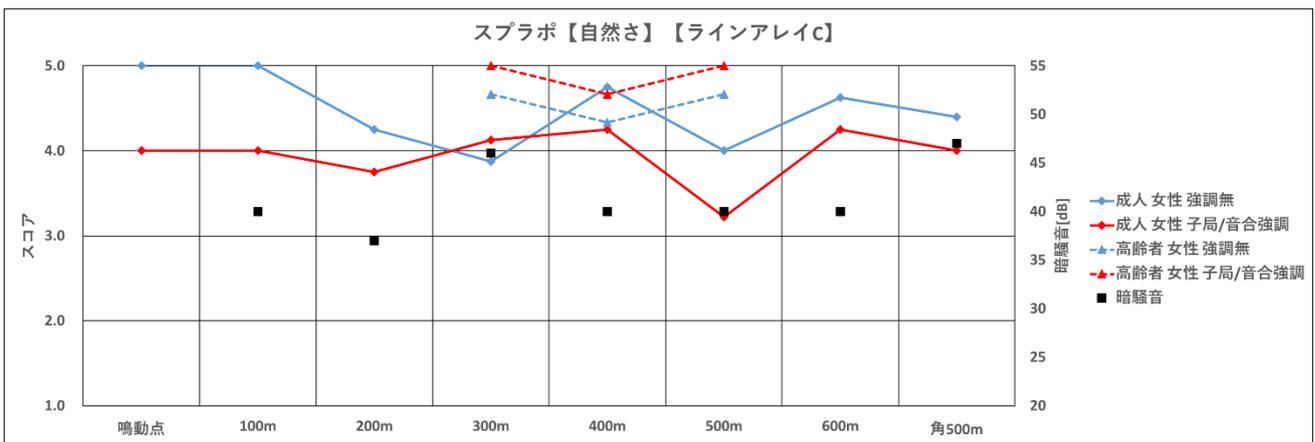


図 183 ラインアレイ C【自然さ、スプラポ、女性】

### 2.3.5.1.1.3.2. 稲郷町有地

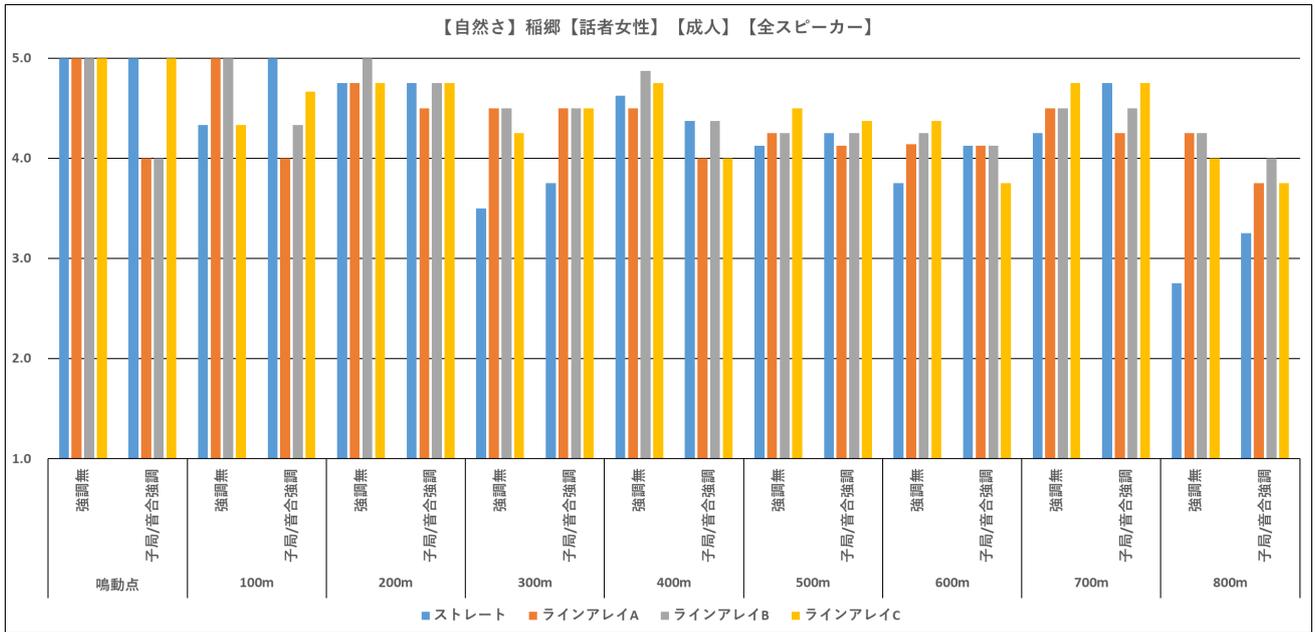


図 184 スピーカー比較【自然さ、稲郷町有地、女性、成人、全スピーカー】

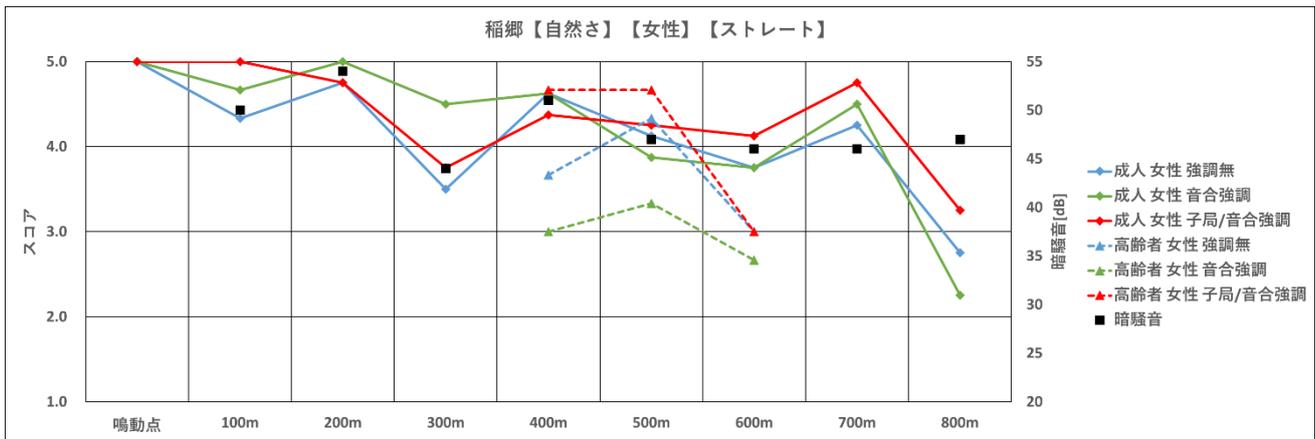


図 185 ストレートホーン【自然さ、稲郷町有地、女性】

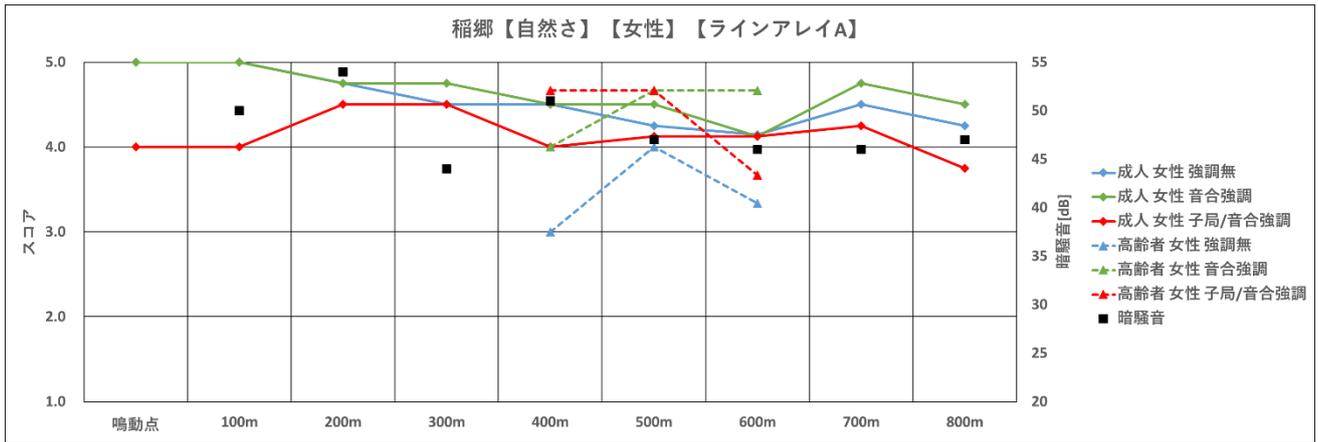


図 186 ラインアレイ A【自然さ、稲郷町有地、女性】

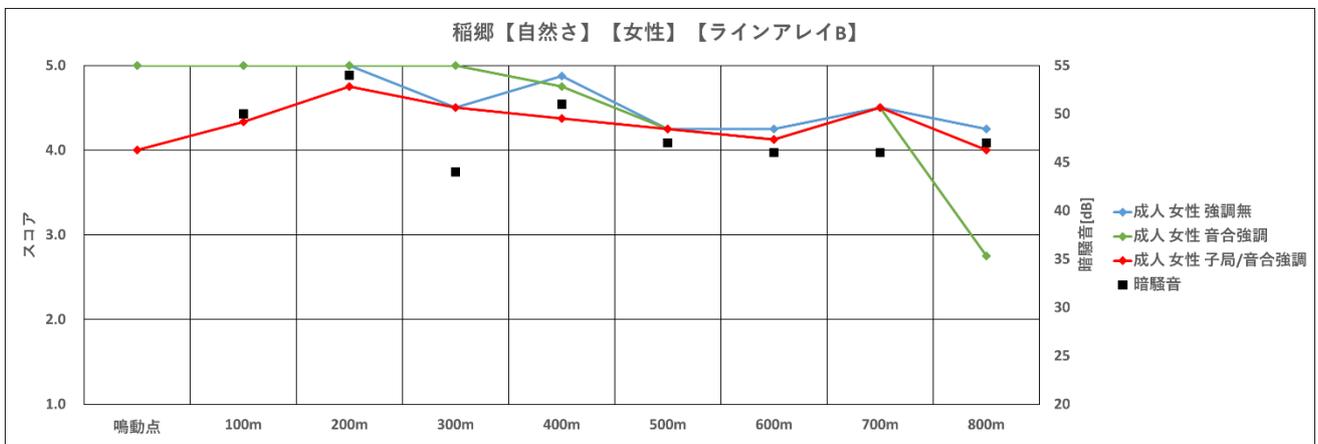


図 187 ラインアレイ B【自然さ、稲郷町有地、女性】

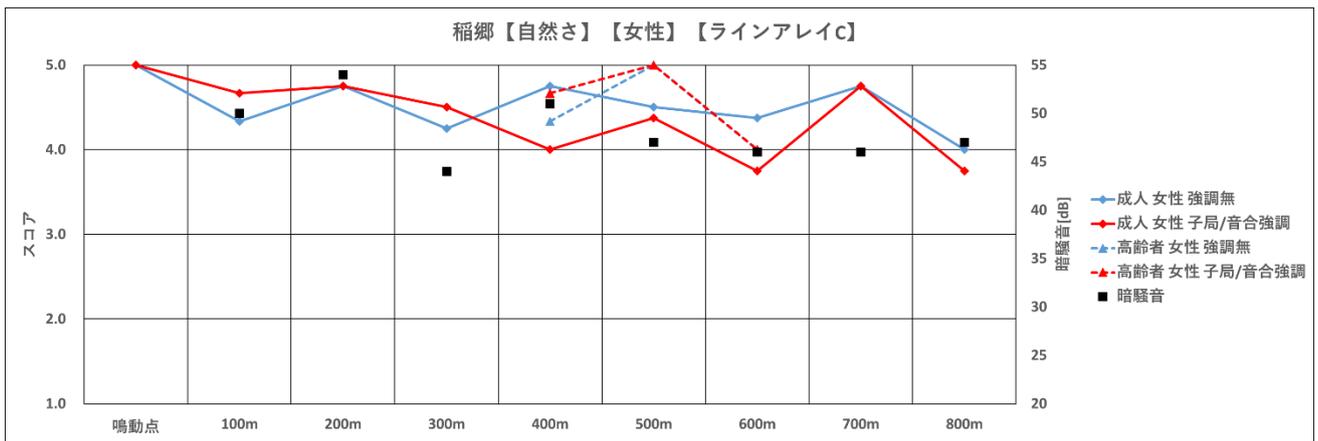


図 188 ラインアレイ C【自然さ、稲郷町有地、女性】

### 2.3.5.1.1.3.3. 寄自然休養村

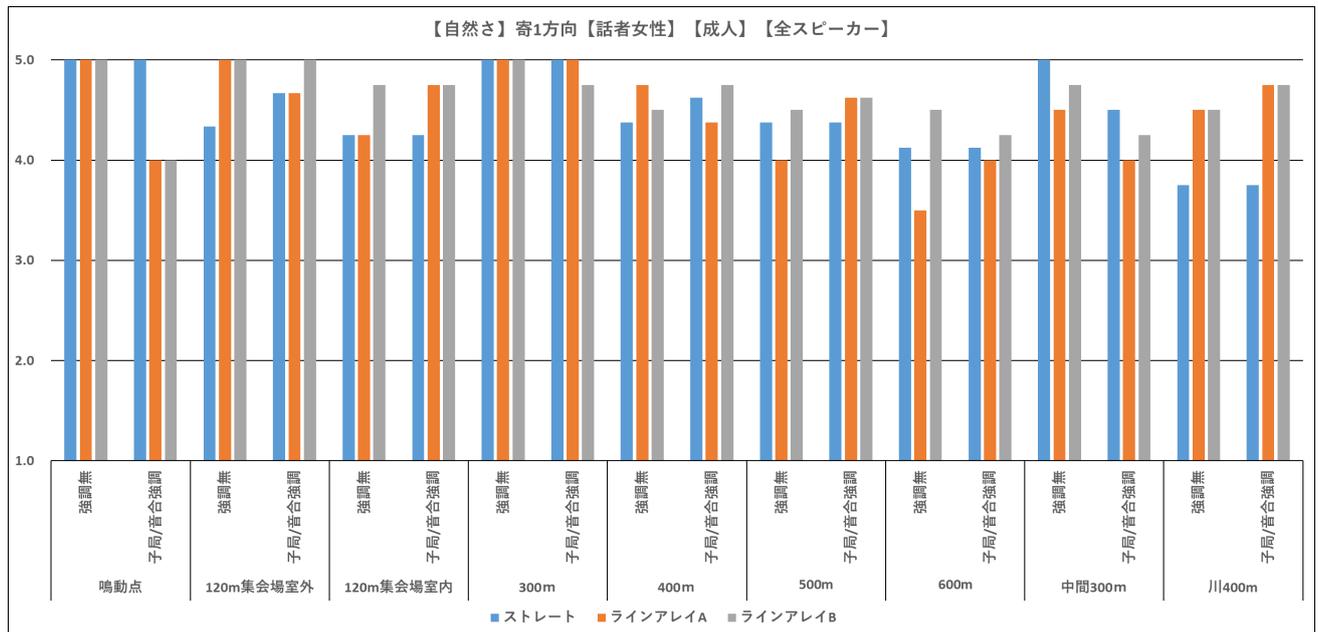


図 189 スピーカー比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人、全スピーカー】

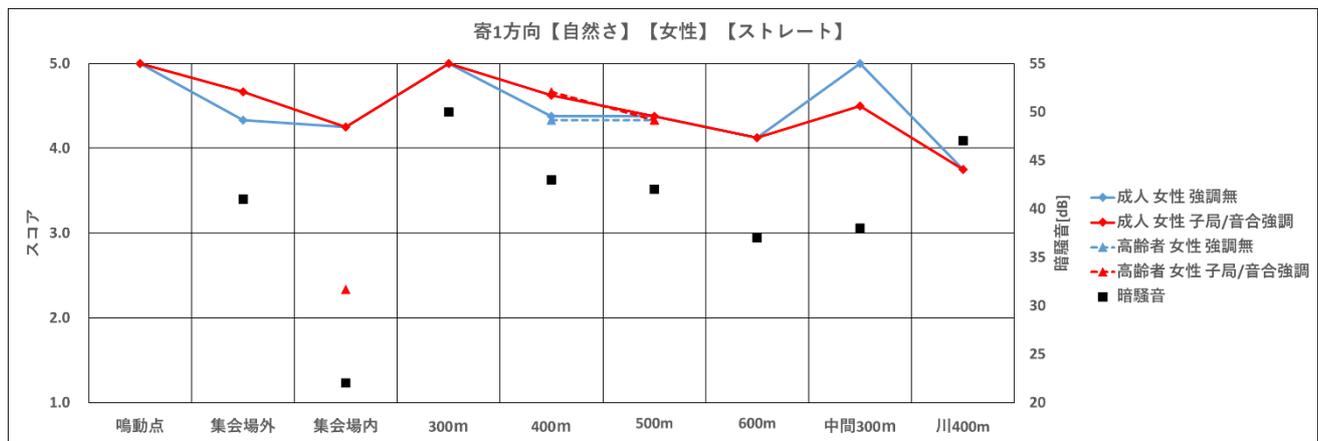


図 190 ストレートホーン【自然さ、寄自然休養村、女性】

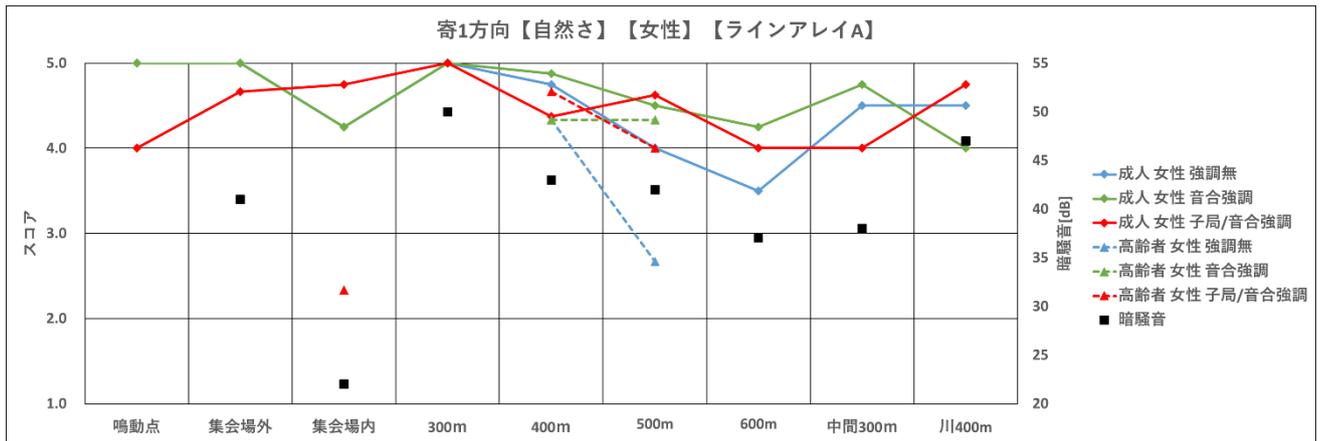


図 191 ラインアレイ A【自然さ、寄、女性】

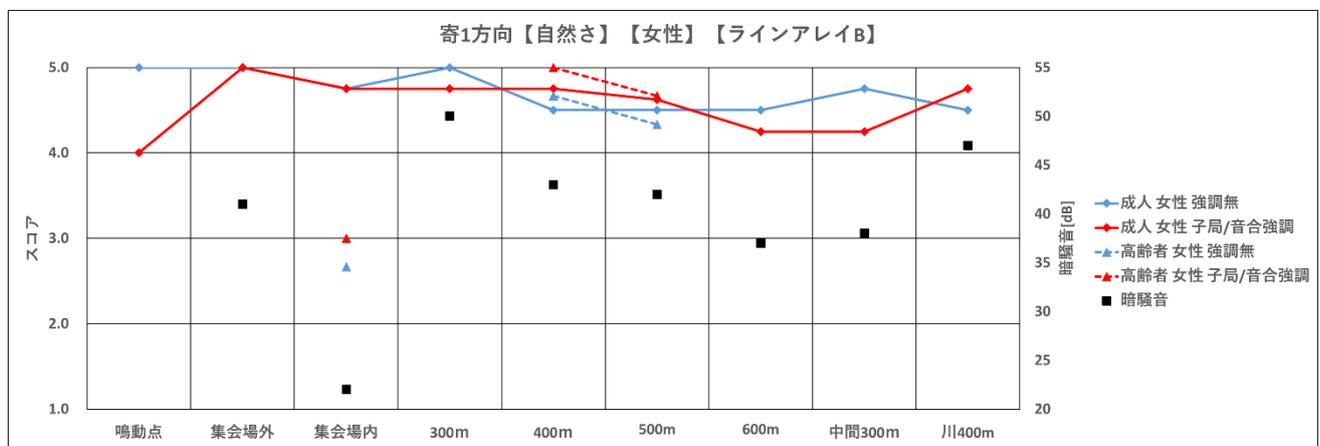


図 192 ラインアレイ B【自然さ、寄自然休養村、女性】

### 2.3.5.1.1.4. 音の大きさ

#### 2.3.5.1.1.4.1. スプラボ

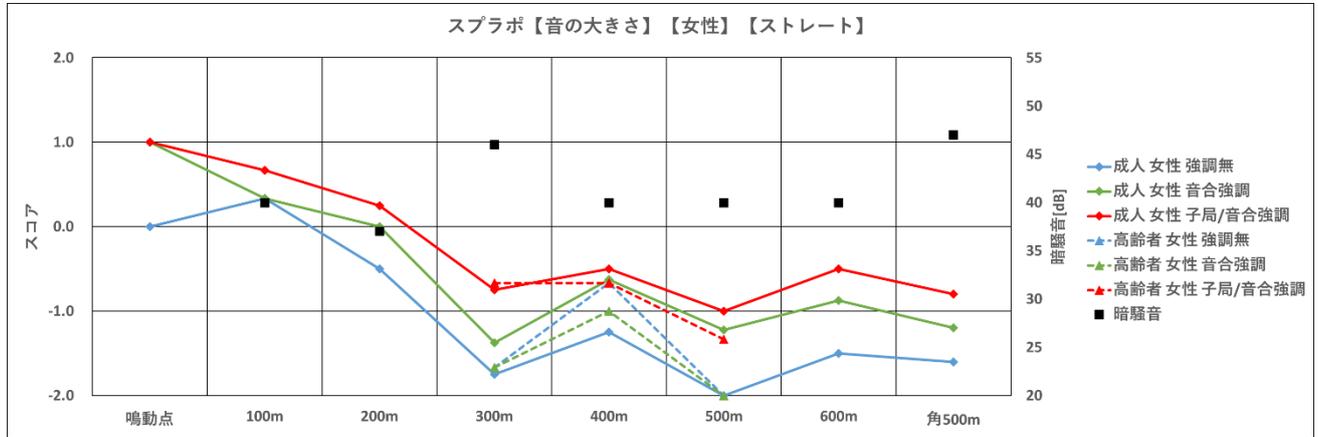


図 193 ストレートホーン【音の大きさ、スプラボ、女性】

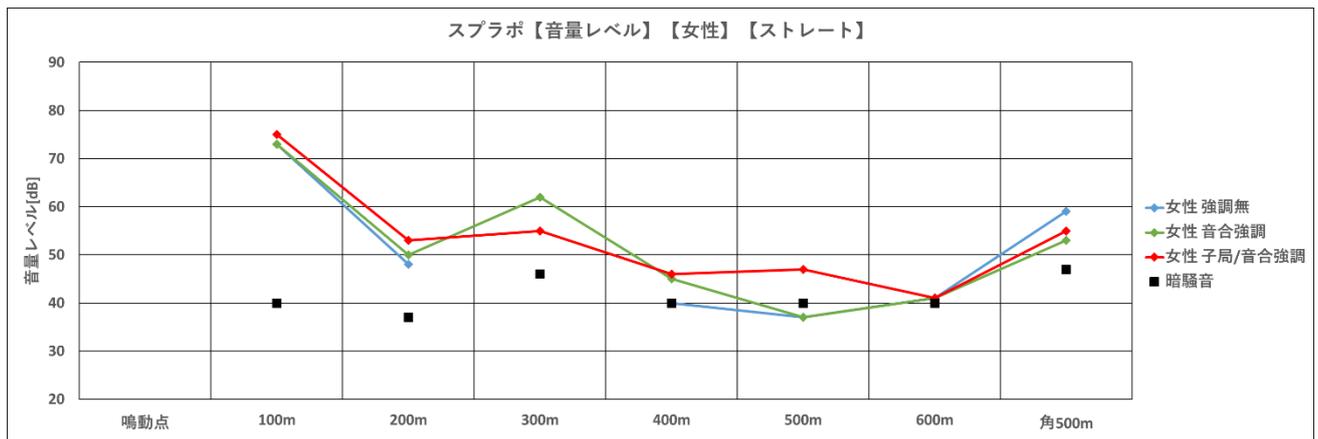


図 194 ストレートホーン【音量レベル、スプラボ、女性】

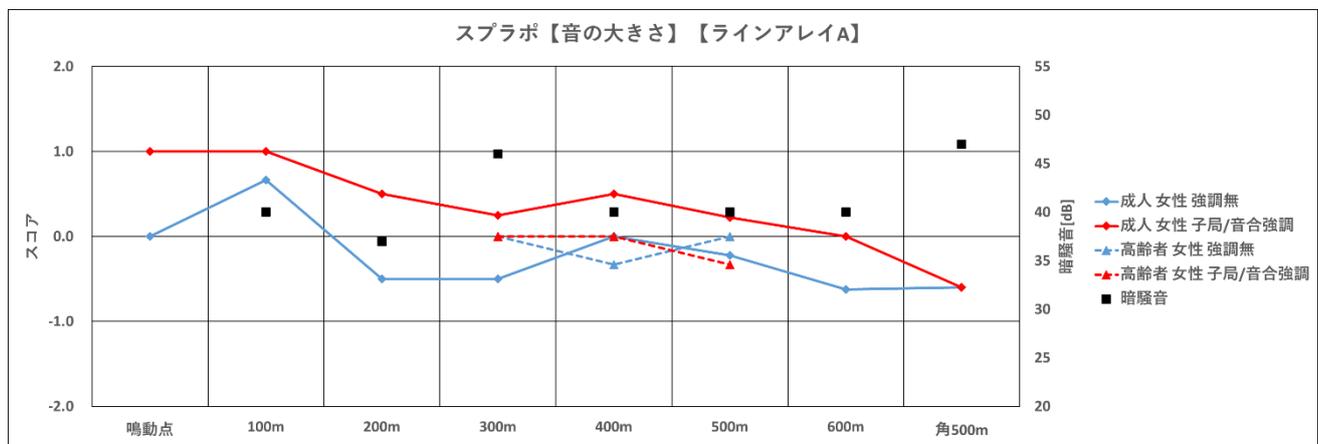


図 195 ラインアレイ A【音の大きさ、スプラボ、女性】

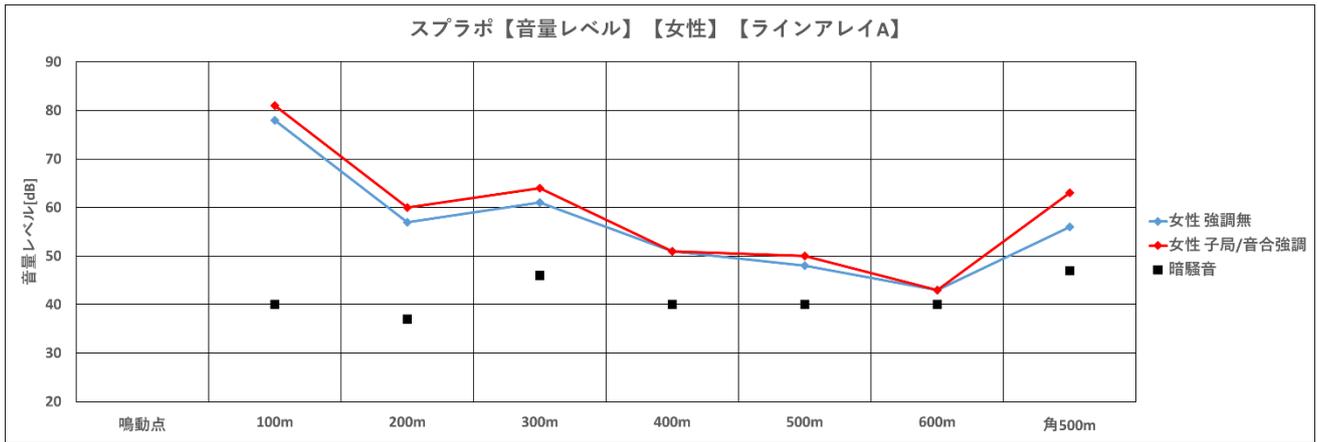


図 196 ラインアレイ A【音量レベル、スプラボ、女性】

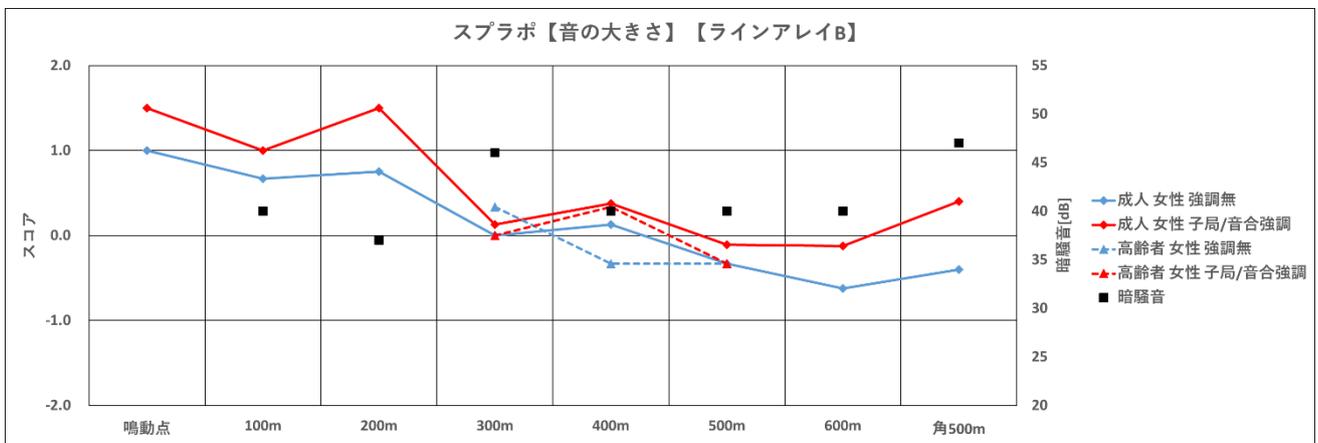


図 197 ラインアレイ B【音の大きさ、スプラボ、女性】

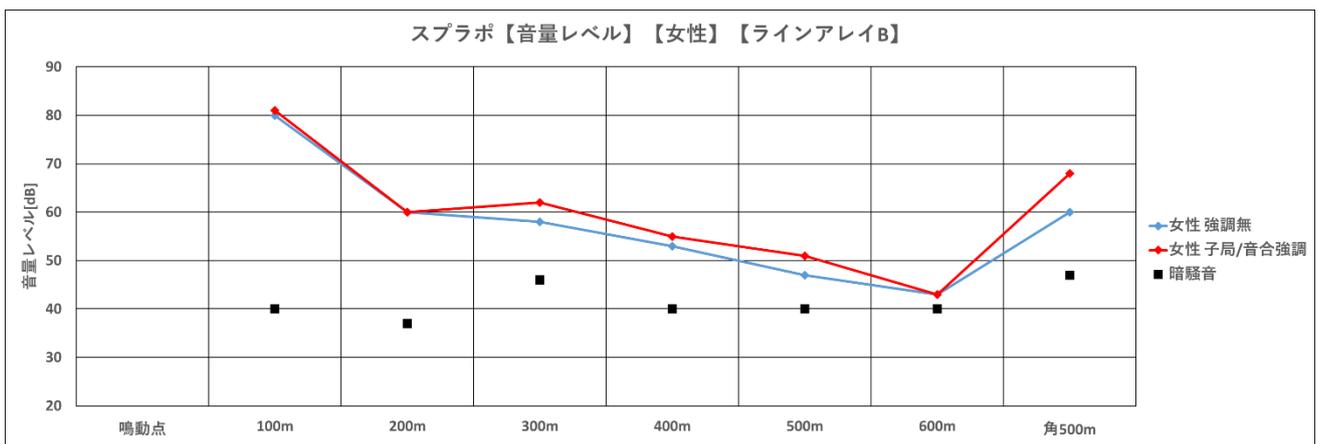


図 198 ラインアレイ B【音量レベル、スプラボ、女性】

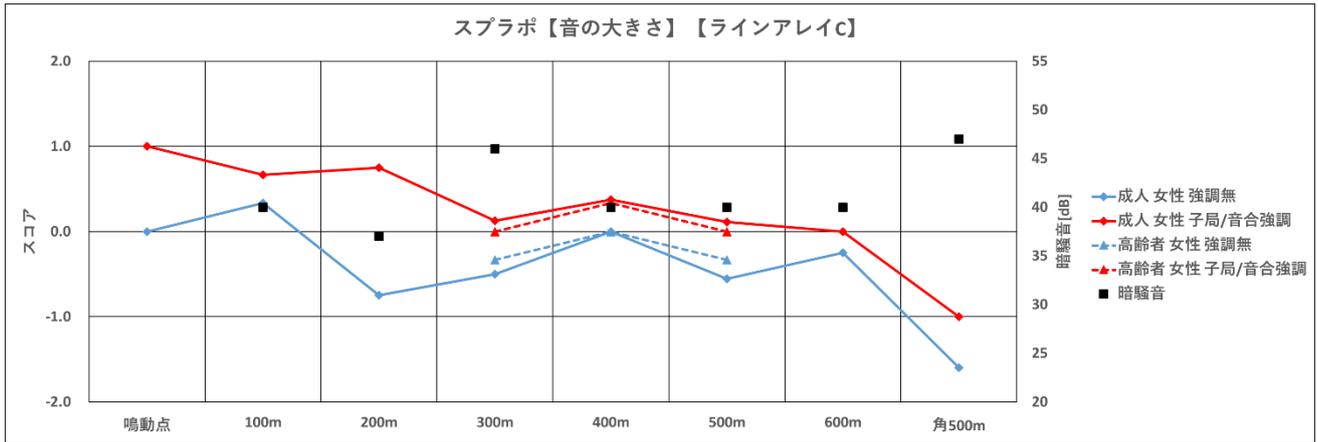


図 199 ラインアレイ C【音の大きさ、スプラポ、女性】

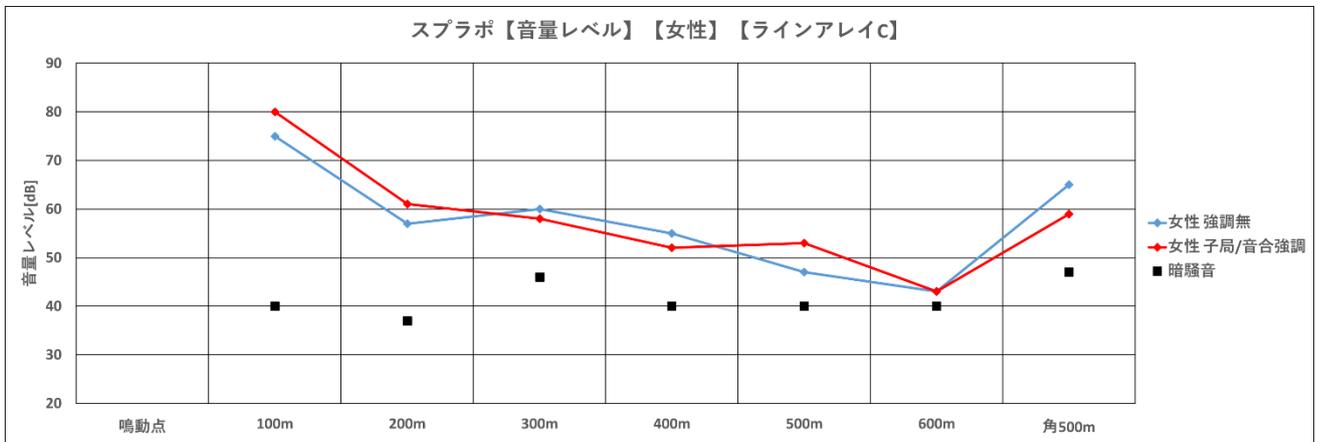


図 200 ラインアレイ C【音量レベル、スプラポ、女性】

### 2.3.5.1.1.4.2. 稲郷町有地

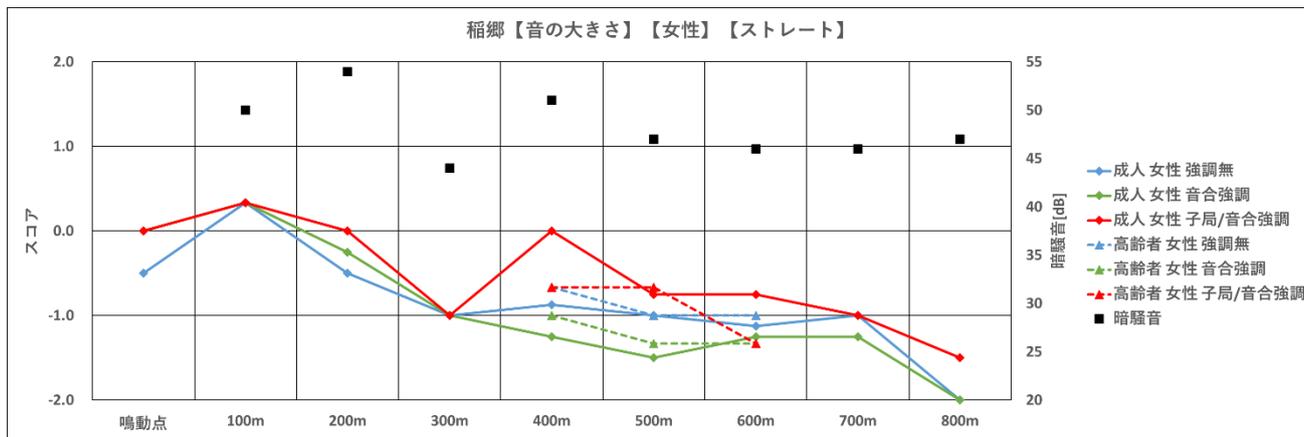


図 201 ストレートホーン【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

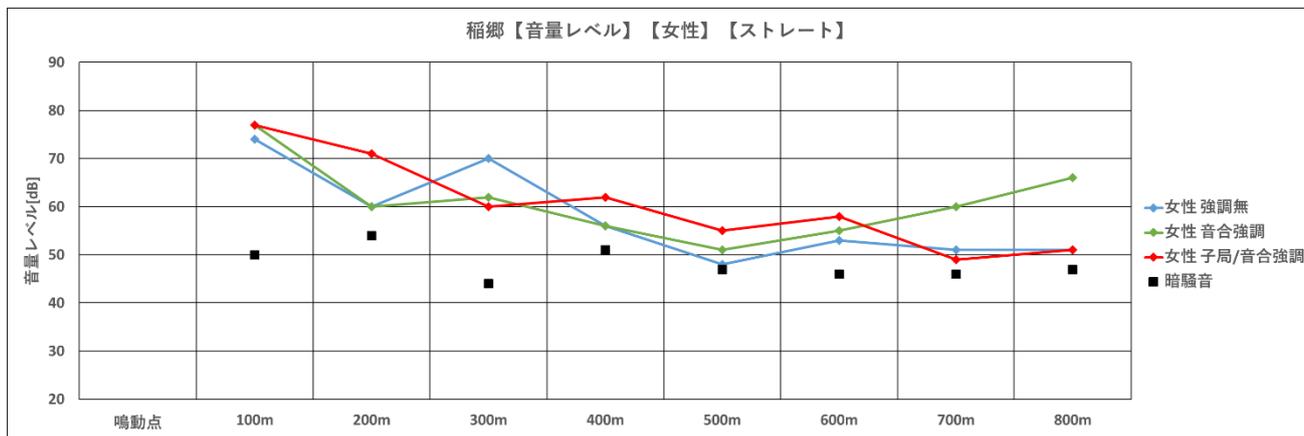


図 202 ストレートホーン【音量レベル、稲郷町有地、女性】

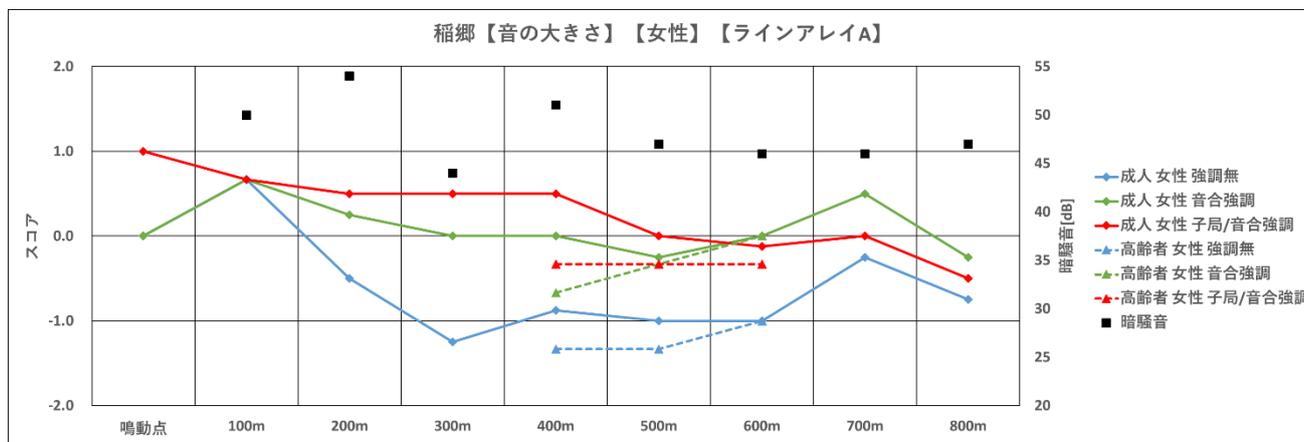


図 203 ラインアレイ A【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

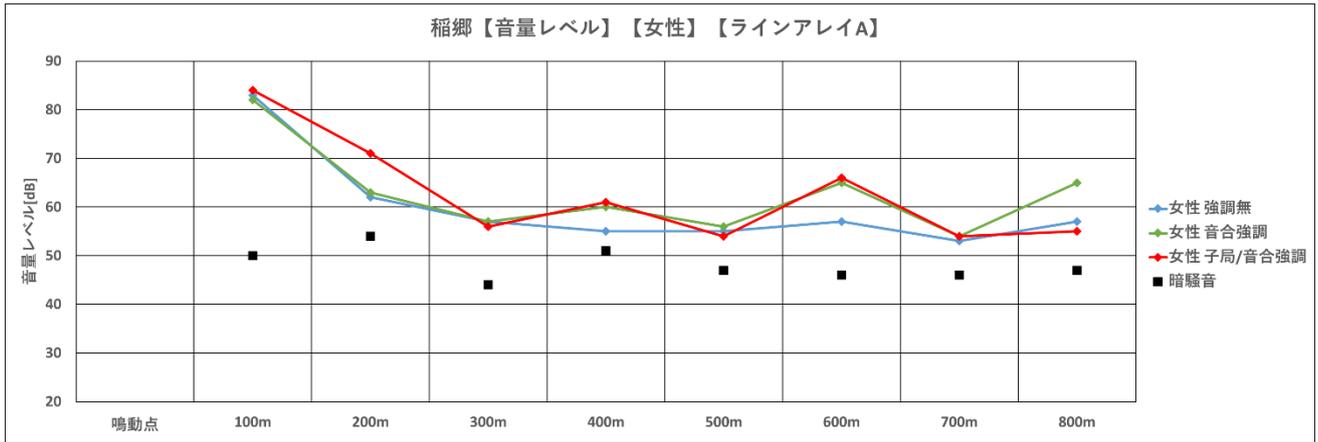


図 204 ラインアレイ A【音量レベル、稲郷町有地、女性】

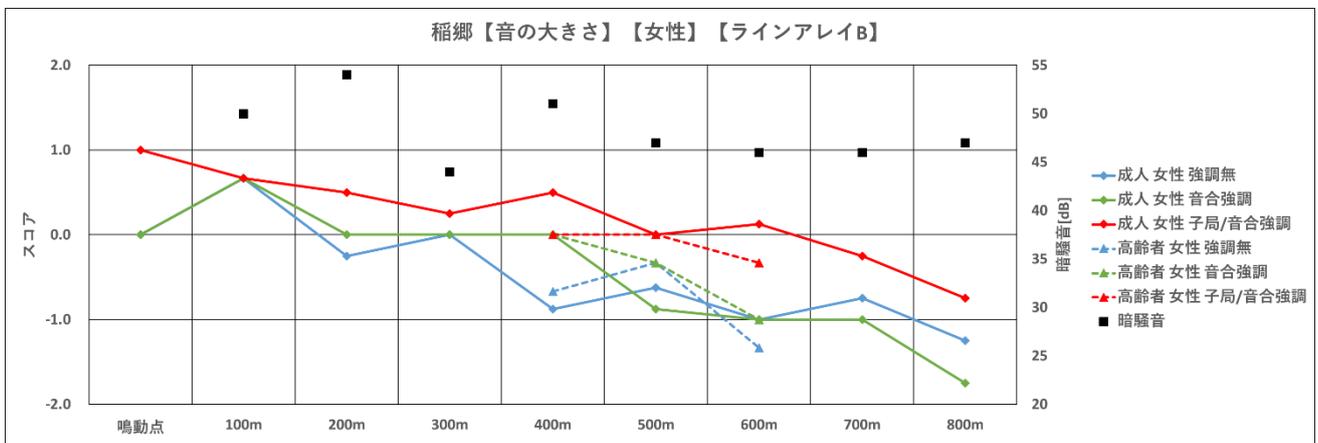


図 205 ラインアレイ B【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

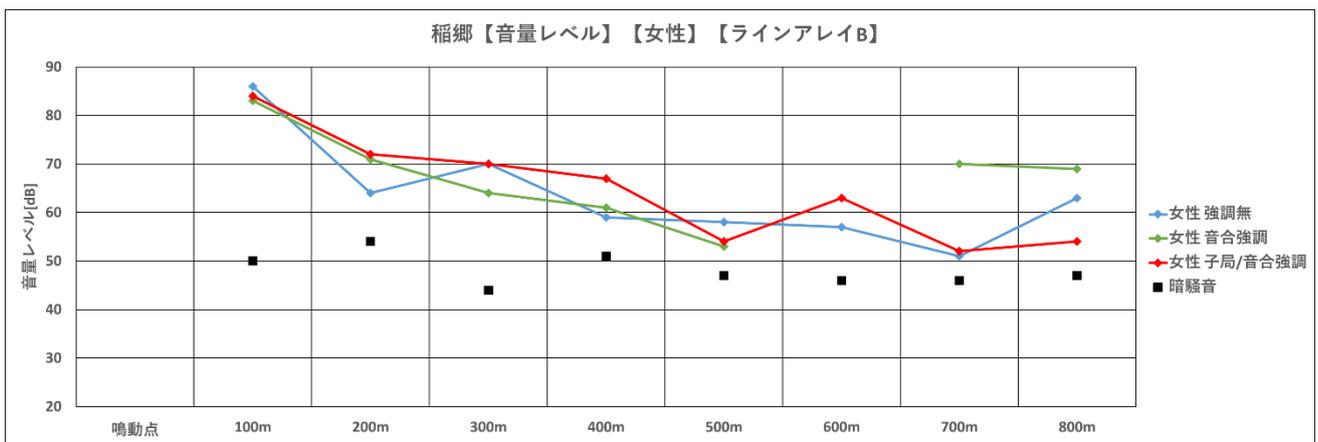


図 206 ラインアレイ B【音量レベル、稲郷町有地、女性】

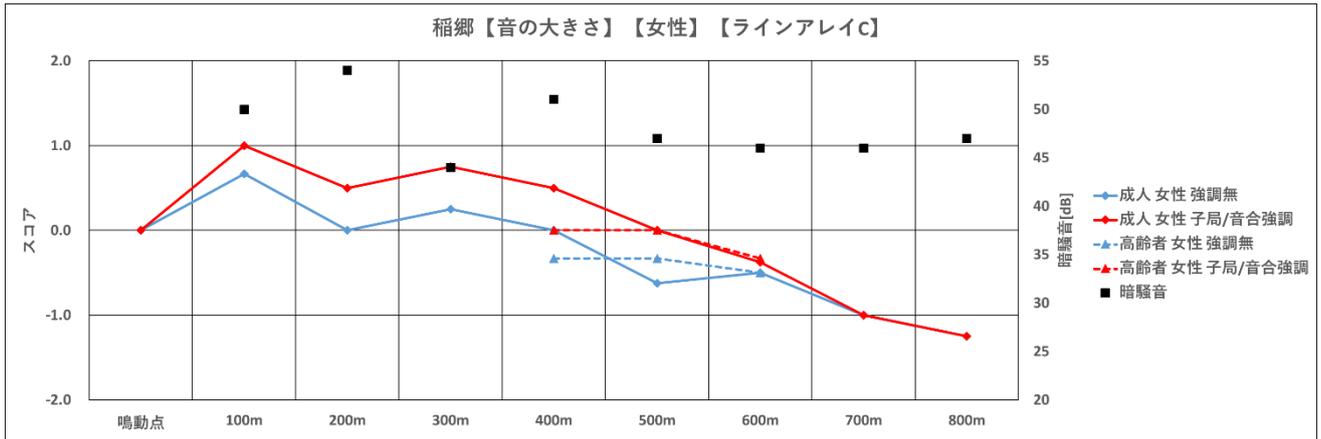


図 207 ラインアレイ C 【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

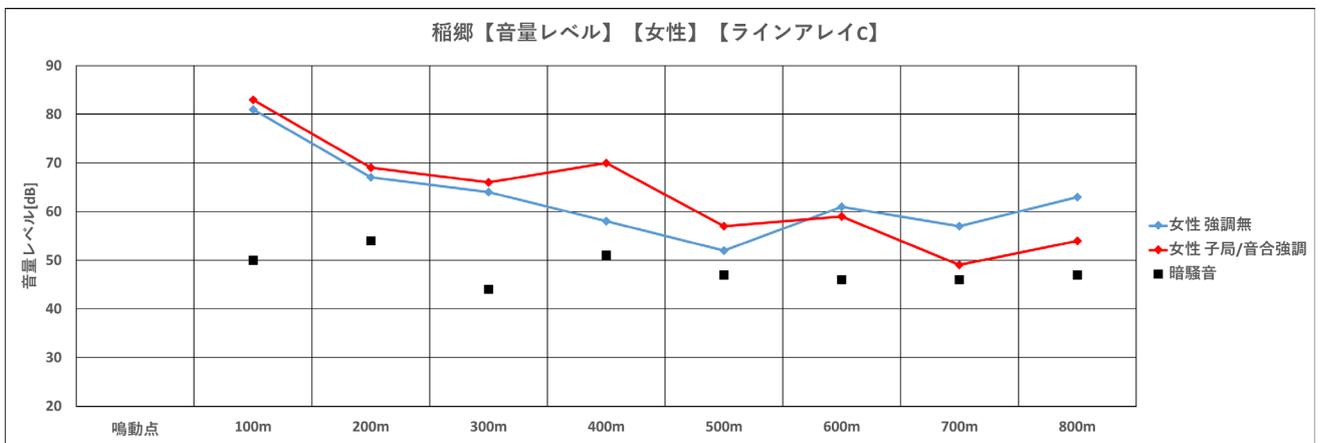


図 208 ラインアレイ C 【音量レベル、稲郷町有地、女性】

### 2.3.5.1.1.4.3. 寄自然休養村

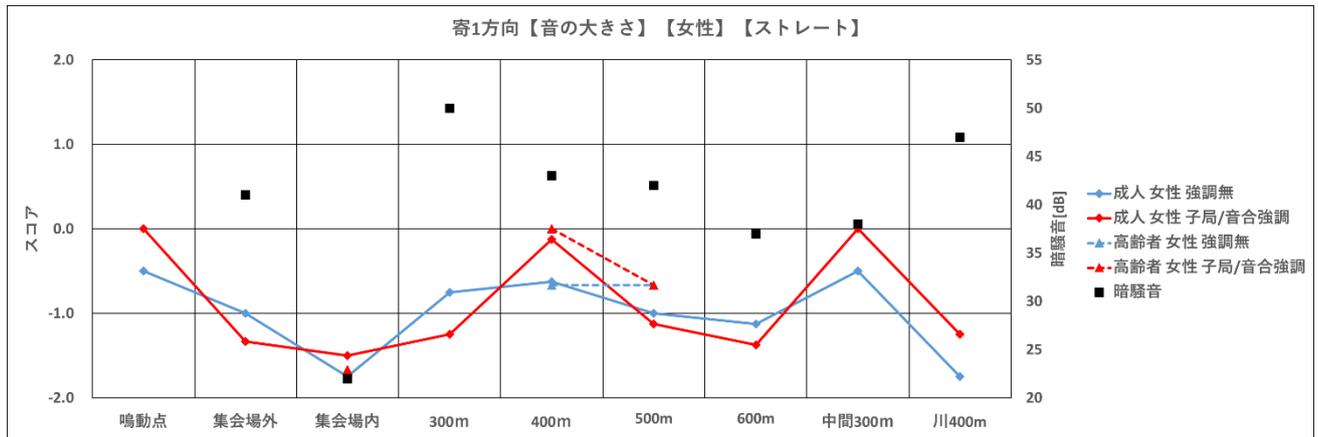


図 209 ストレートホーン【音の大きさ、寄自然休養村、女性】

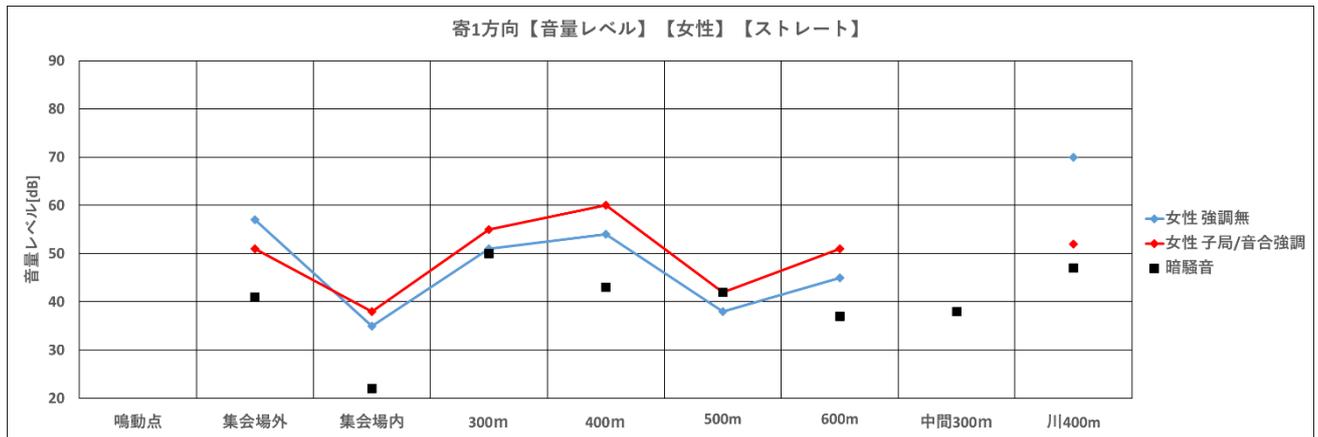


図 210 ストレートホーン【音量レベル、寄自然休養村、女性】

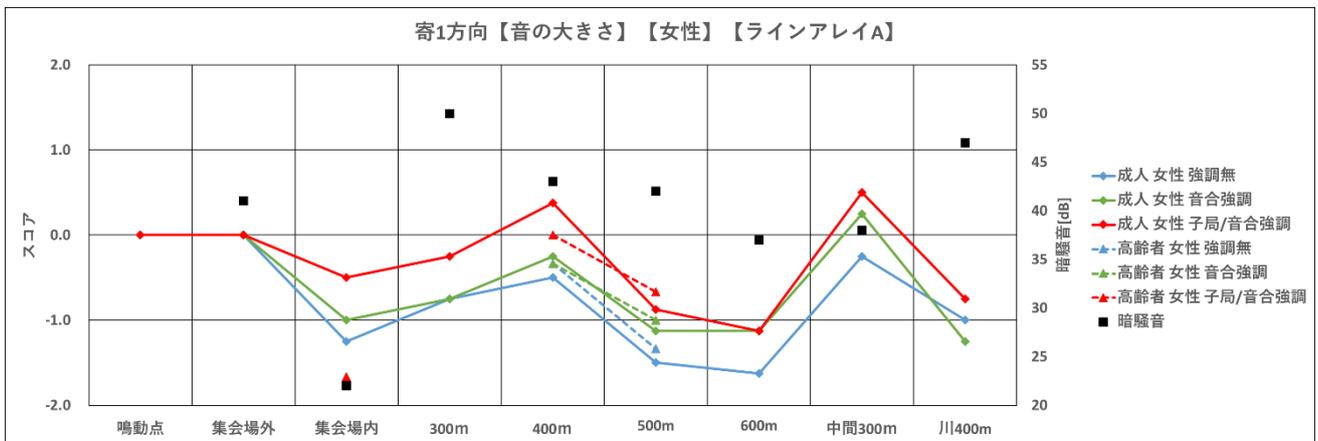


図 211 ラインアレイ A【音の大きさ、寄自然休養村、女性】

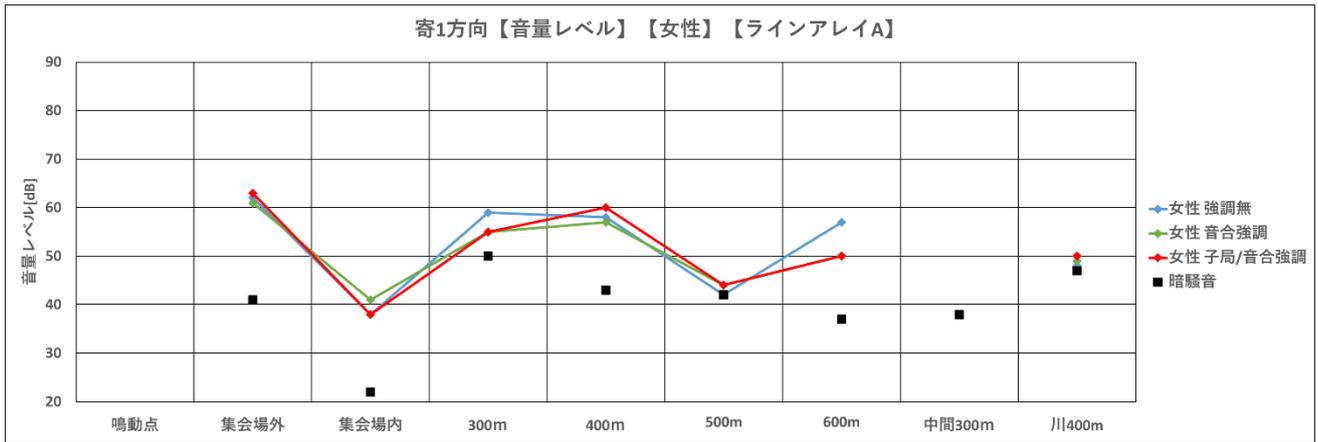


図 212 ラインアレイ A 【音量レベル、寄自然休養村、女性】

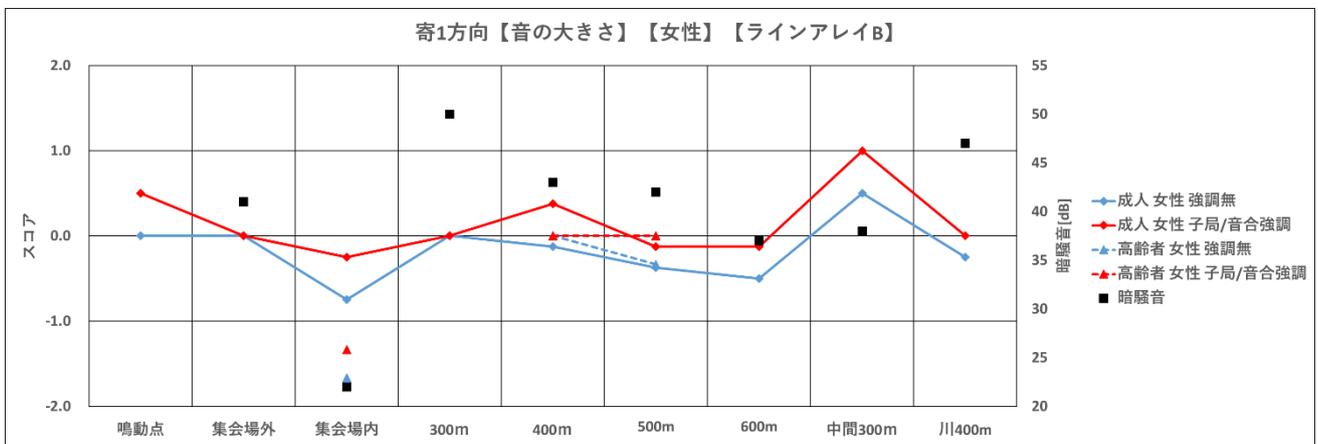


図 213 ラインアレイ B 【音の大きさ、寄自然休養村、女性】

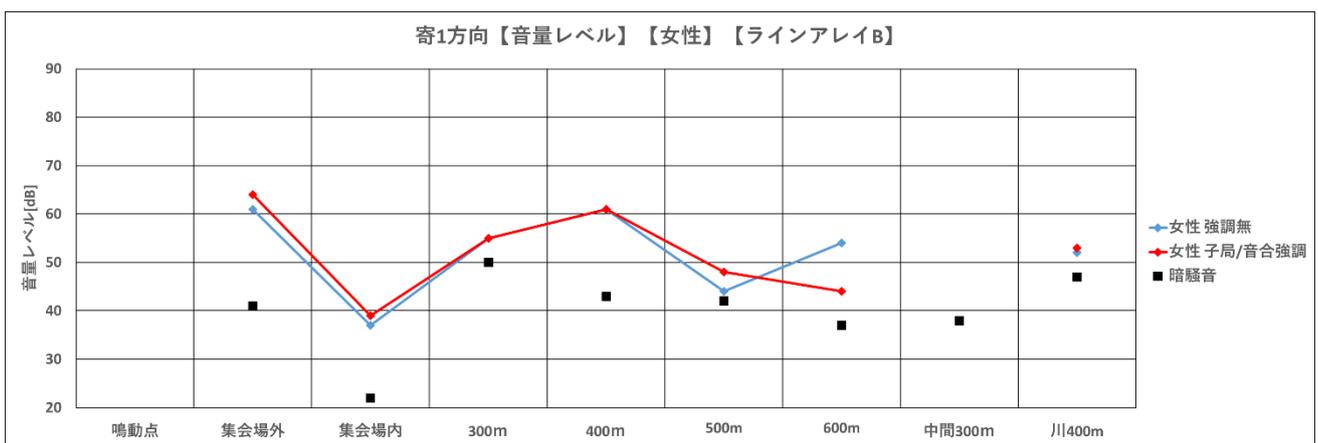


図 214 ラインアレイ B 【音量レベル、寄、女性】

### 2.3.5.1.1.4.4. 音量レベル

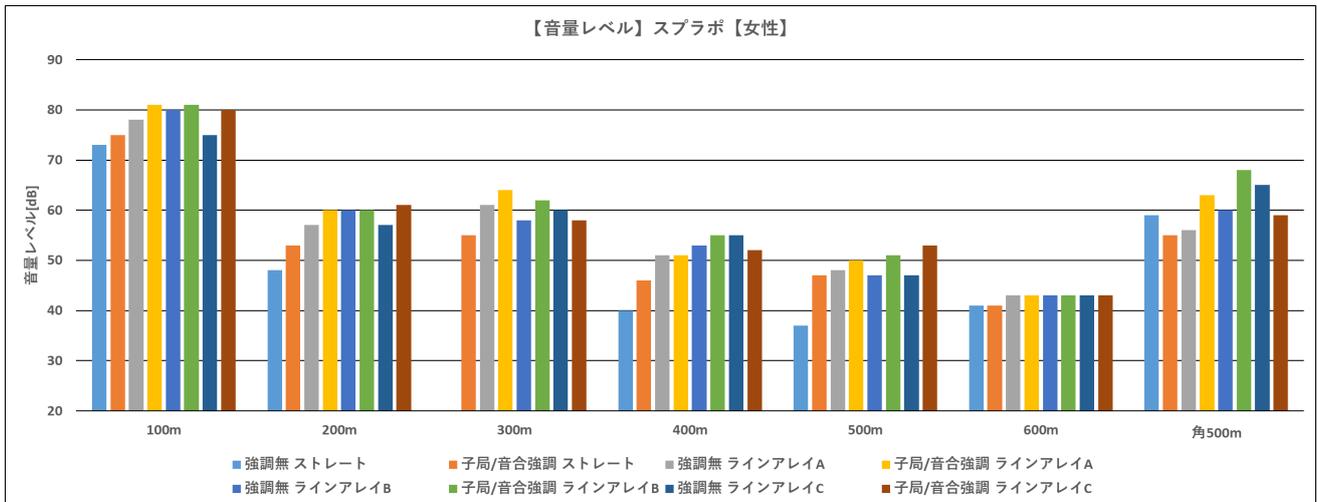


図 215 スピーカー比較【音量レベル、スプラポ、女性】

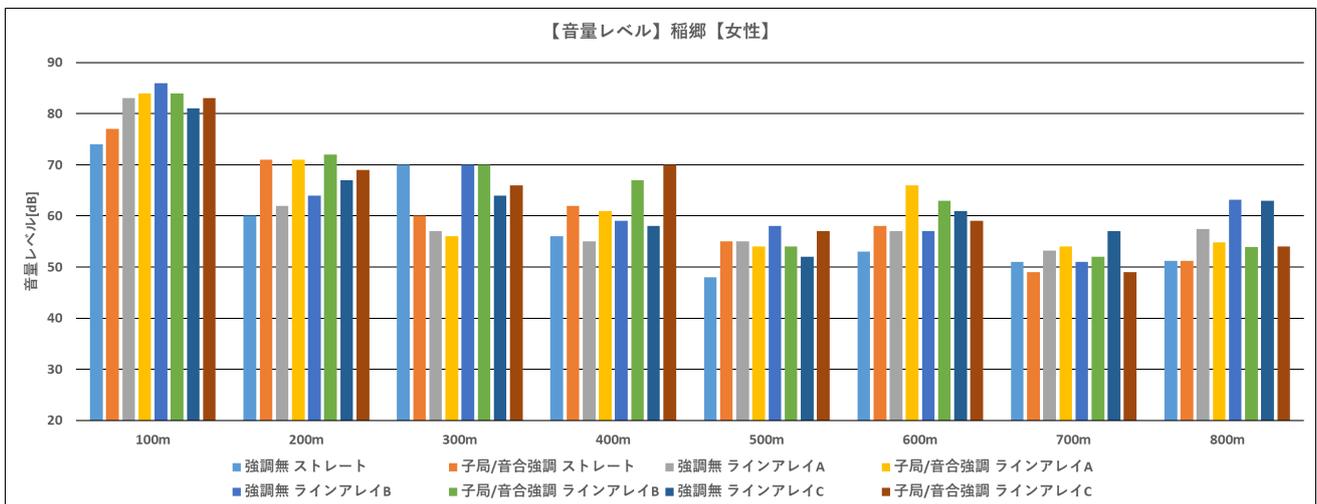


図 216 スピーカー比較【音量レベル、稲郷町有地、女性】

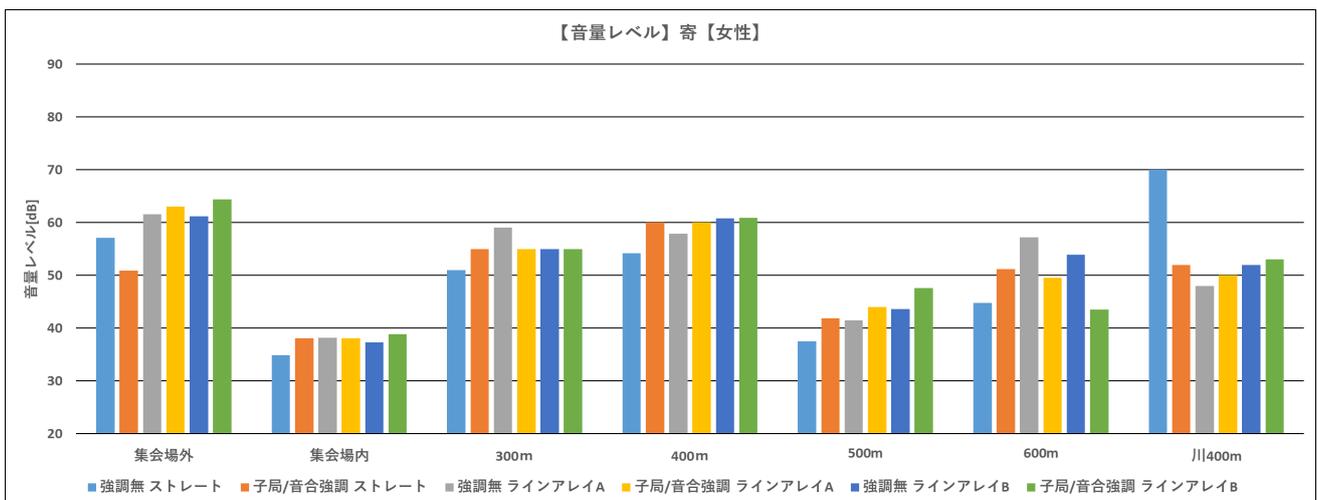


図 217 スピーカー比較【音量レベル、寄自然休養村、女性】

### 2.3.5.1.2.成人と高齢者の違い

#### 2.3.5.1.2.1. 了解度

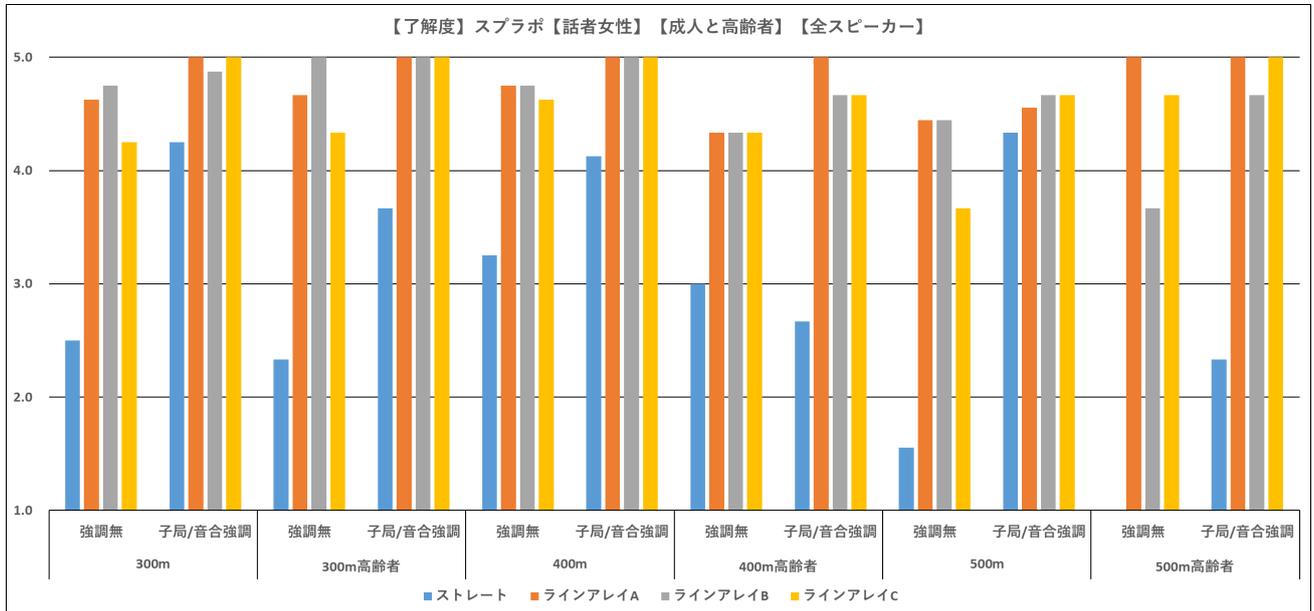


図 218 成人と高齢者【了解度、スプラポ、女性、全スピーカー】

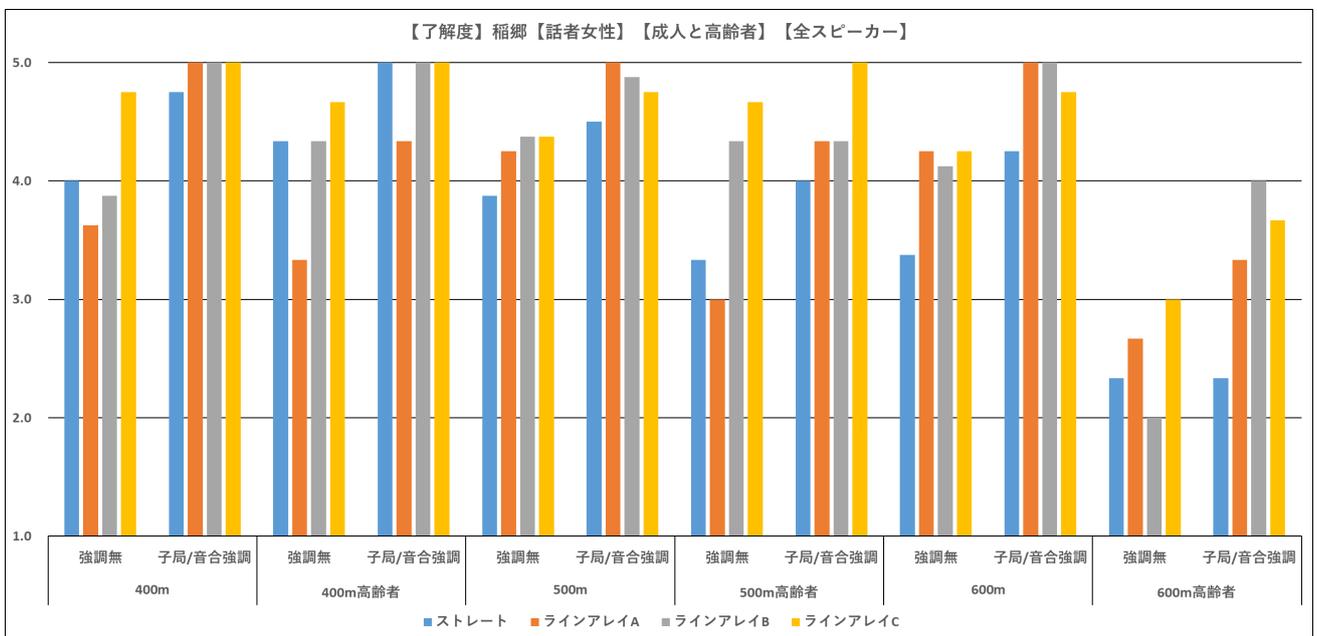


図 219 成人と高齢者【了解度、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

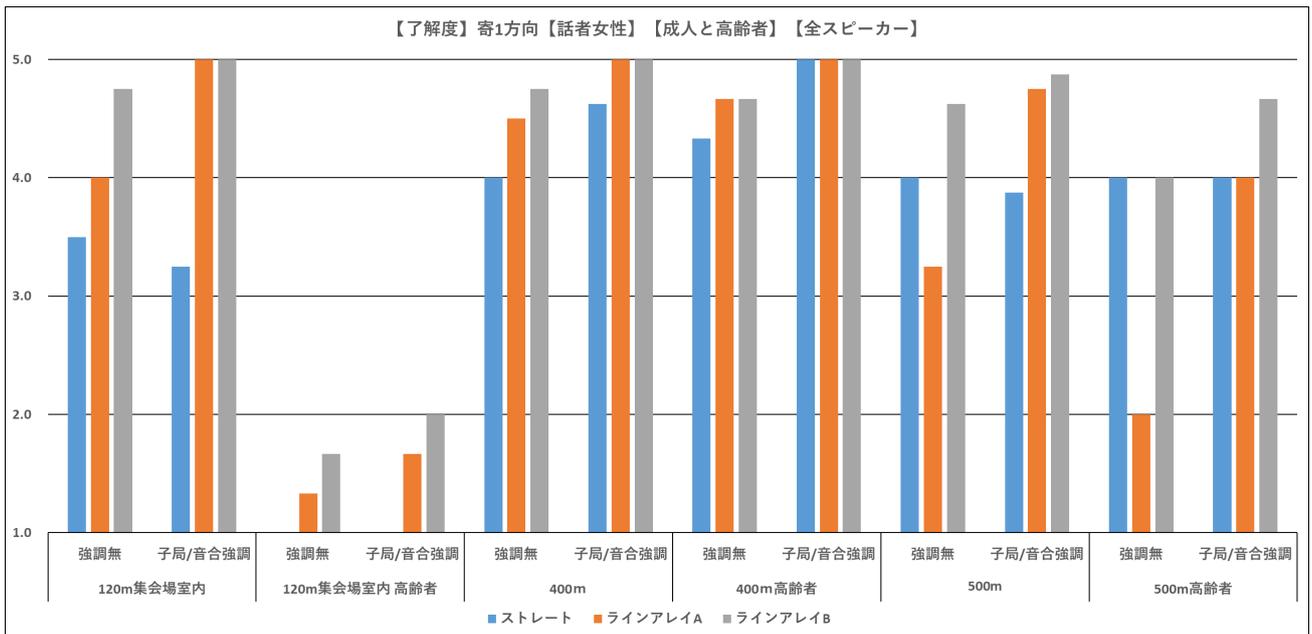


図 220 成人と高齢者【了解度、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.2.2. 聞き取りにくさ

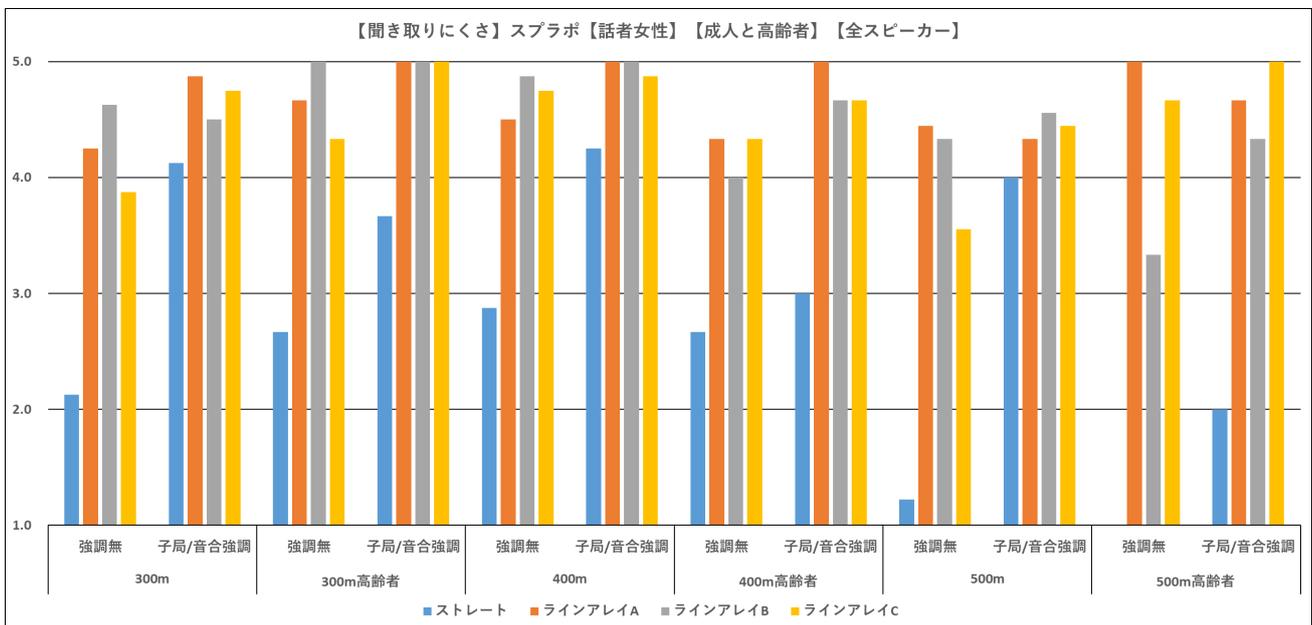


図 221 成人と高齢者【聞き取りにくさ、スプラポ、女性、全スピーカー】

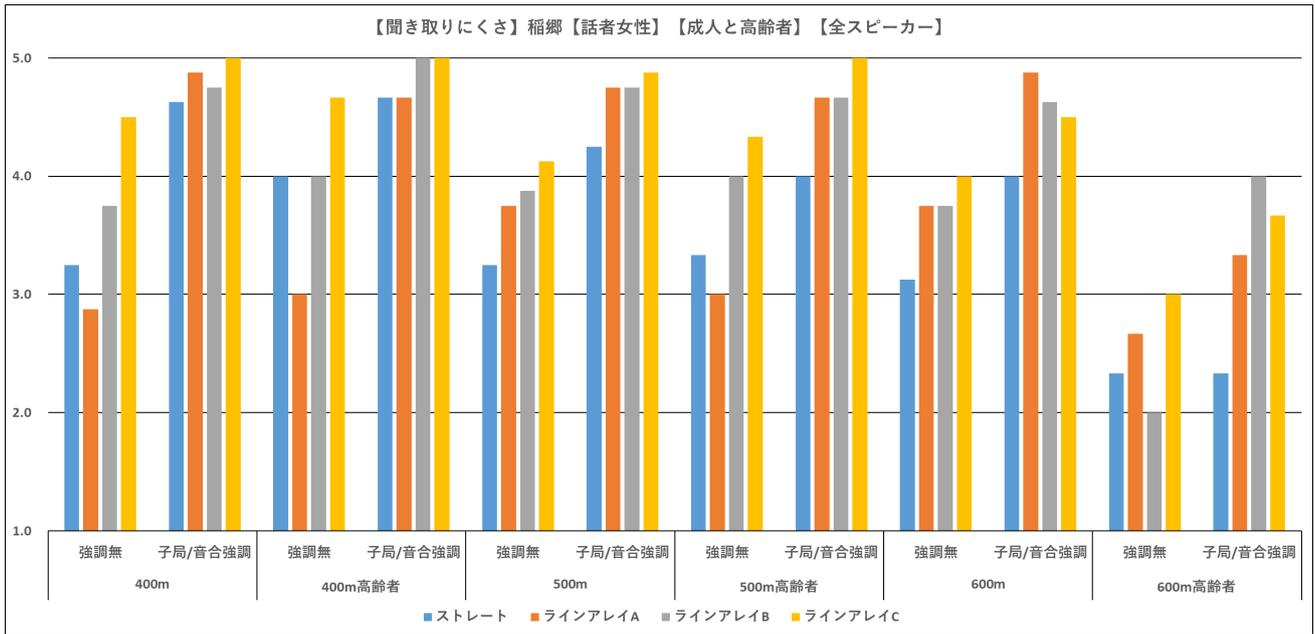


図 222 成人と高齢者【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

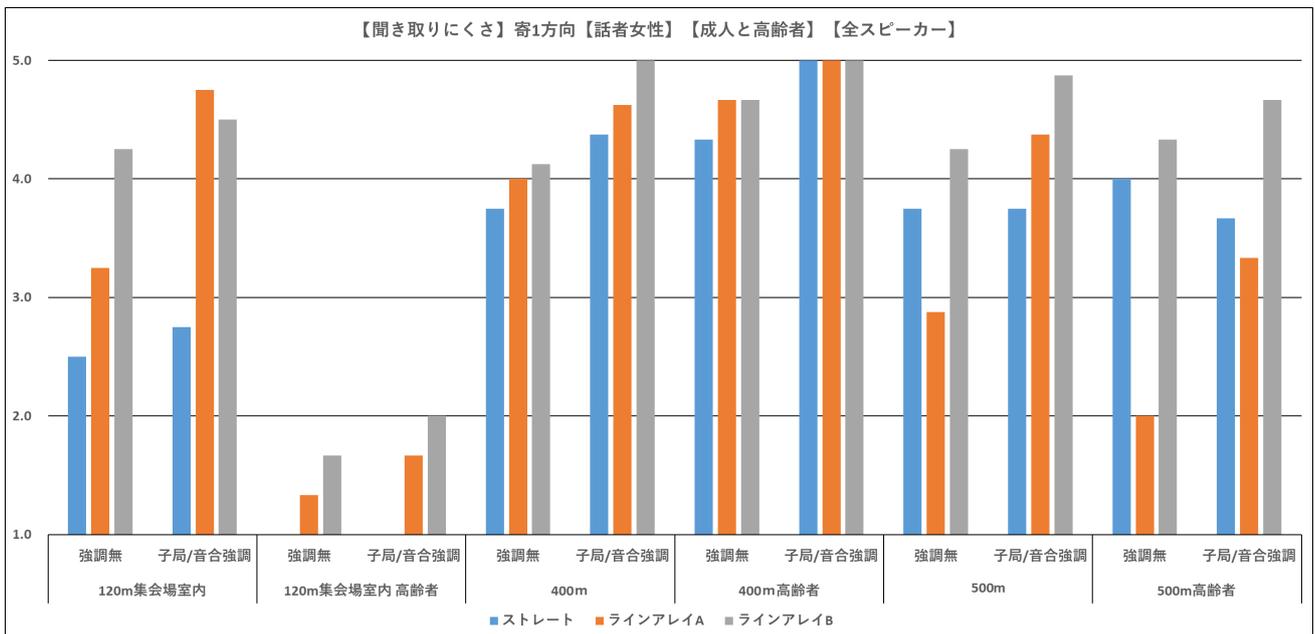


図 223 成人と高齢者【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.2.3. 自然さ

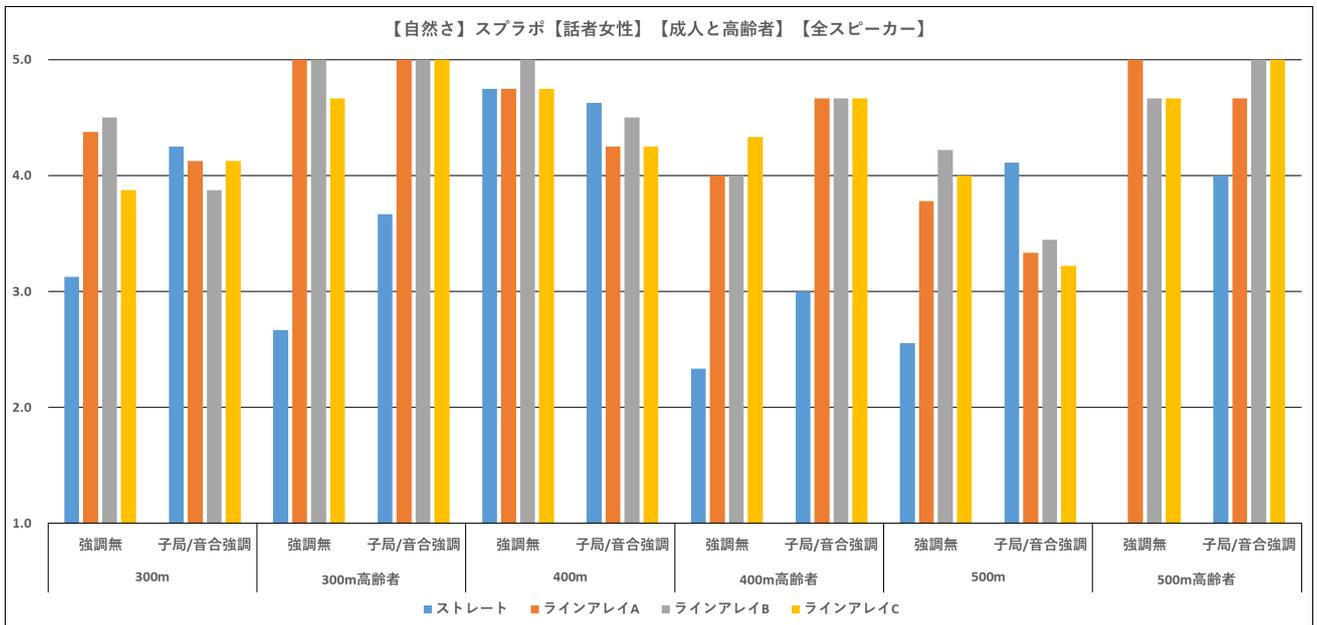


図 224 成人と高齢者【自然さ、スプラポ、女性、全スピーカー】

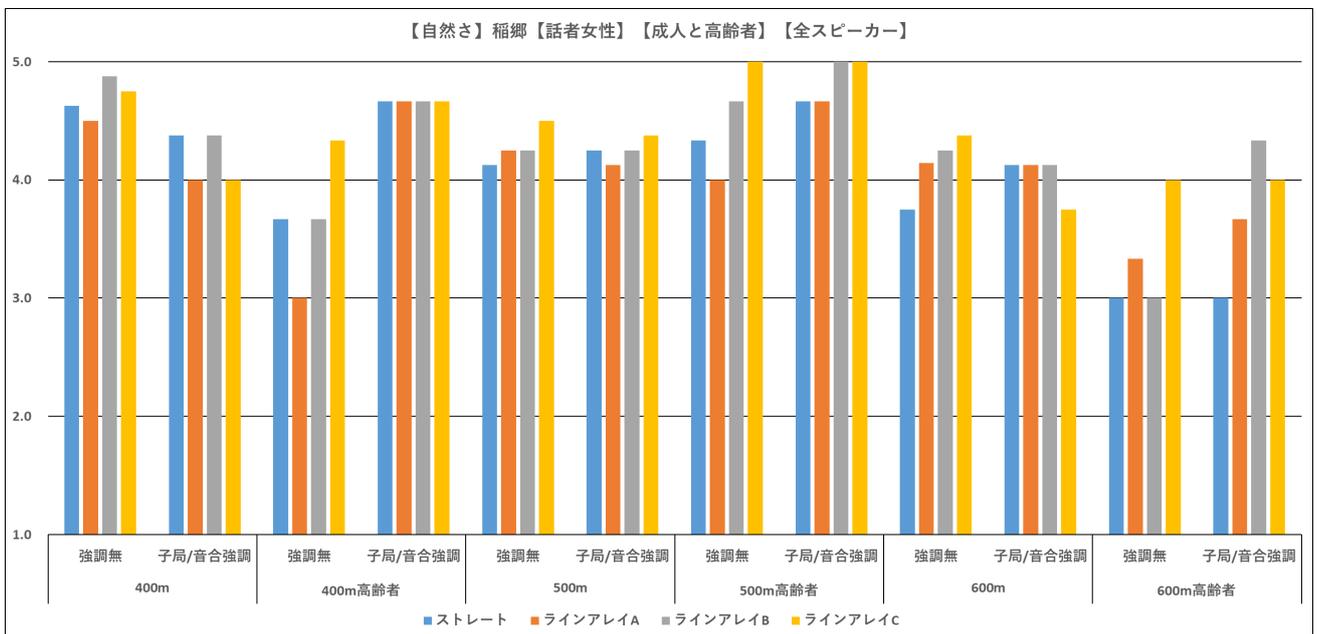


図 225 成人と高齢者【自然さ、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

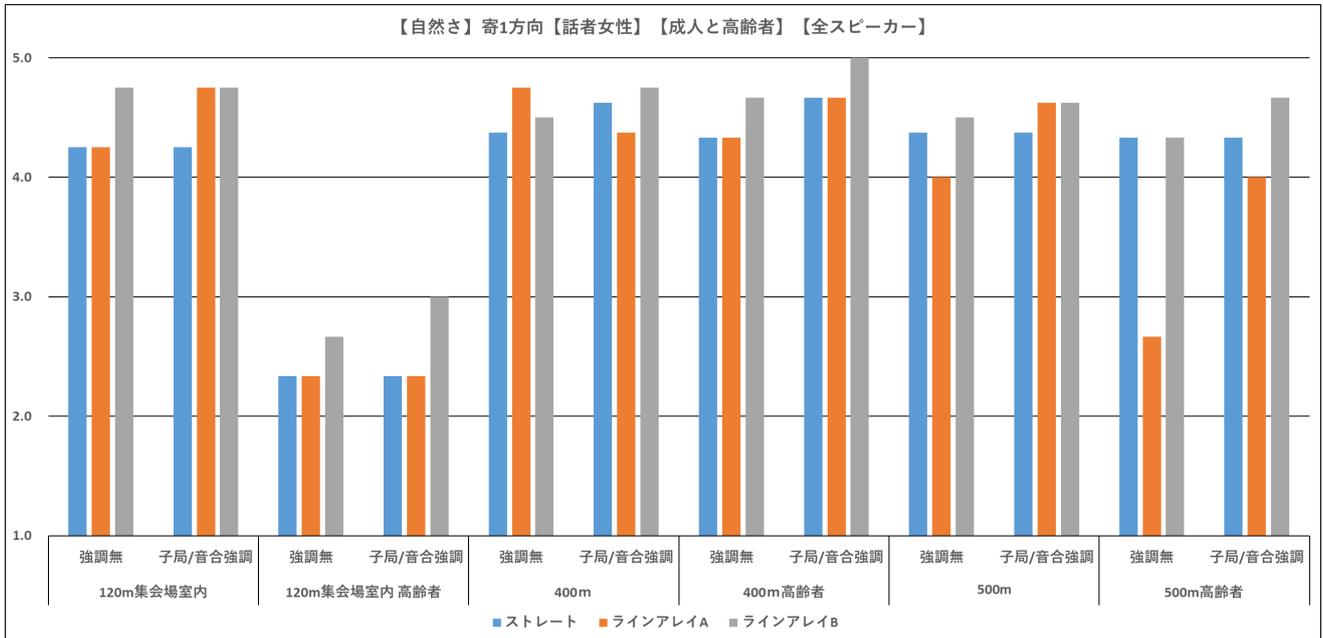


図 226 成人と高齢者【自然さ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.2.4. 音の大きさ

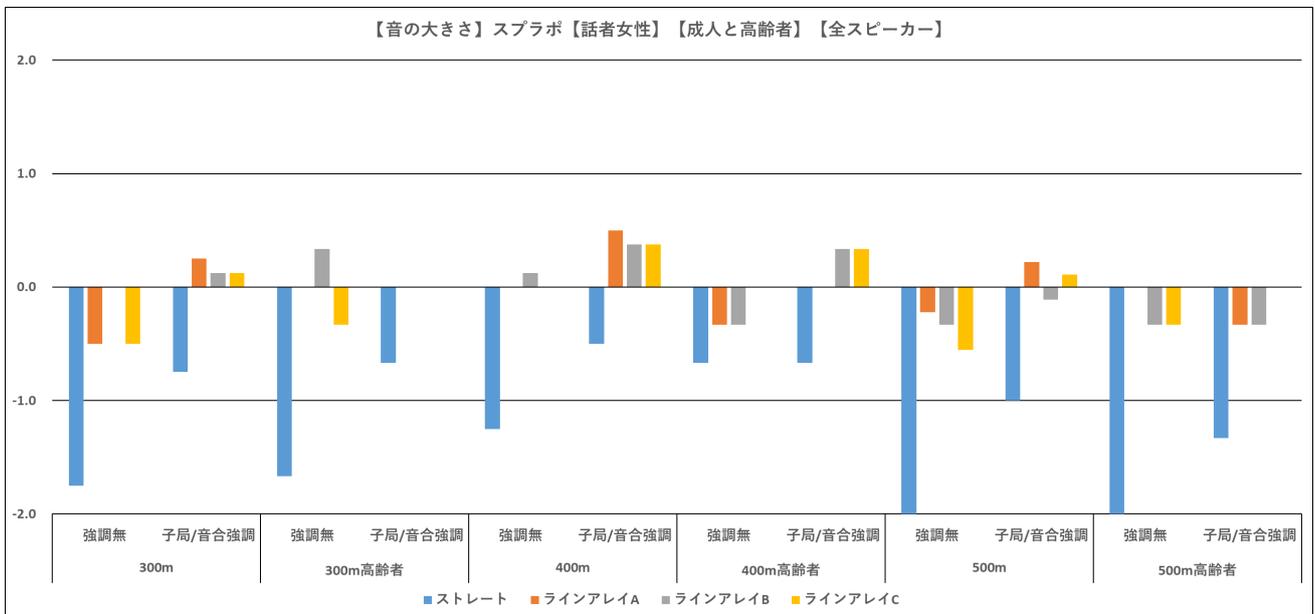


図 227 成人と高齢者【音の大きさ、スプラボ、女性、全スピーカー】

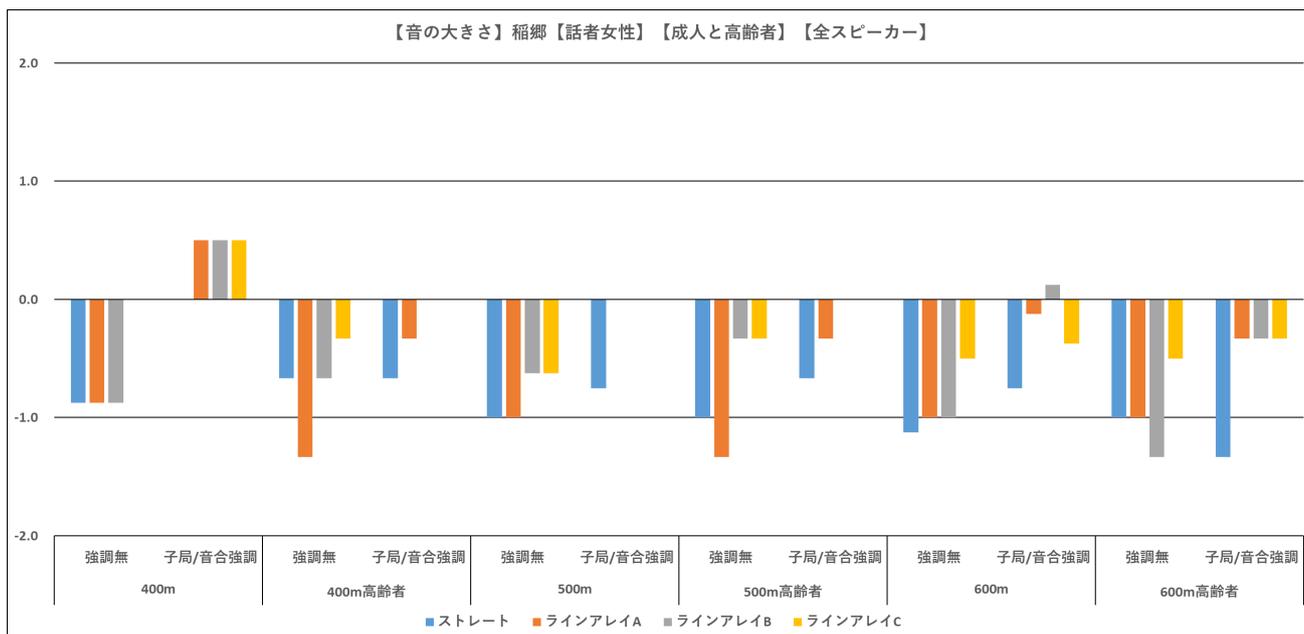


図 228 成人と高齢者【音の大きさ、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

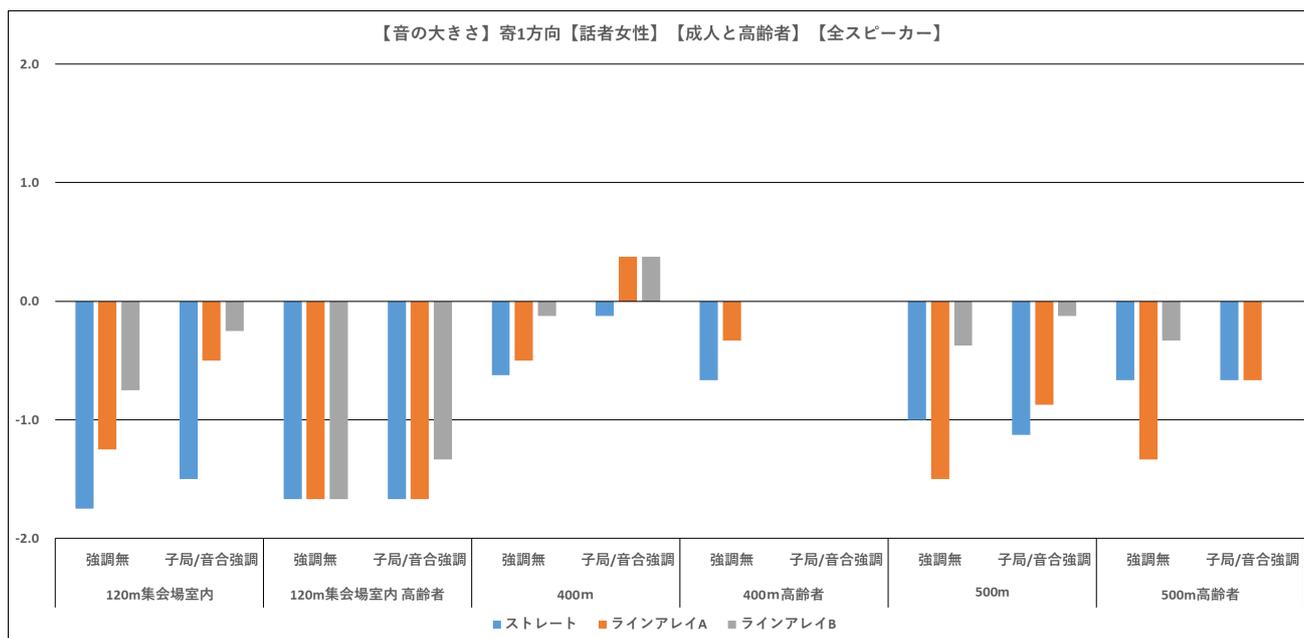


図 229 成人と高齢者【音の大きさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.3.話者（男女）の違い

#### 2.3.5.1.3.1. 了解度

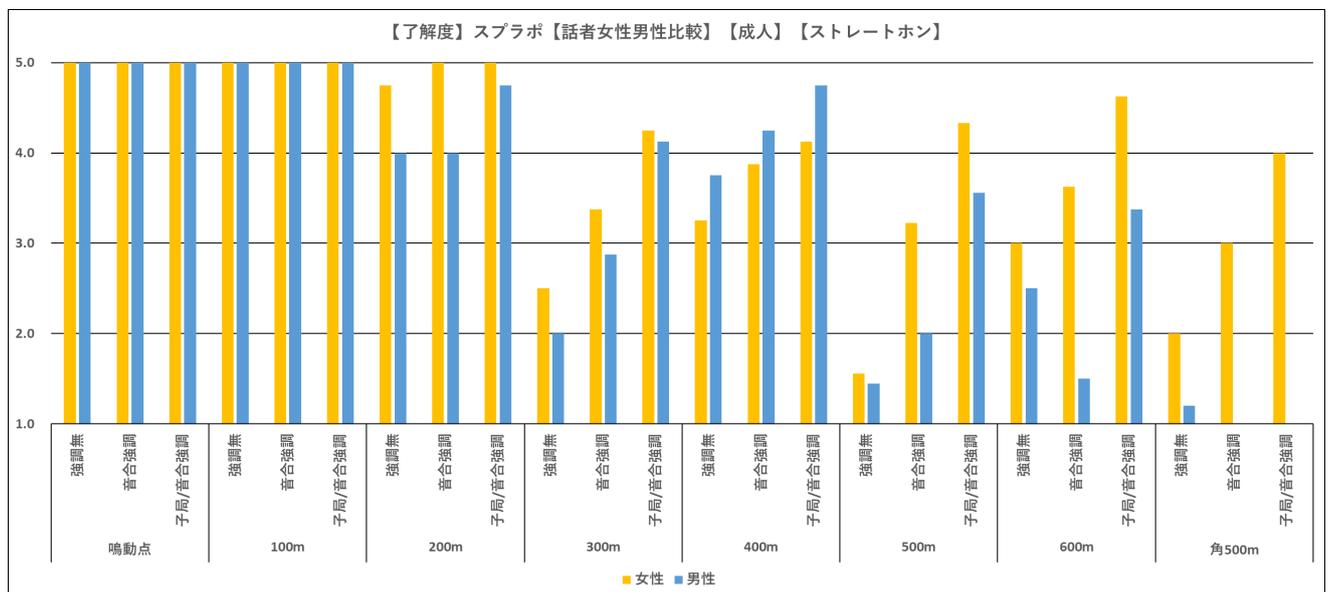


図 230 話者（男女）の違い【了解度、スプラボ、成人、ストレートホン】

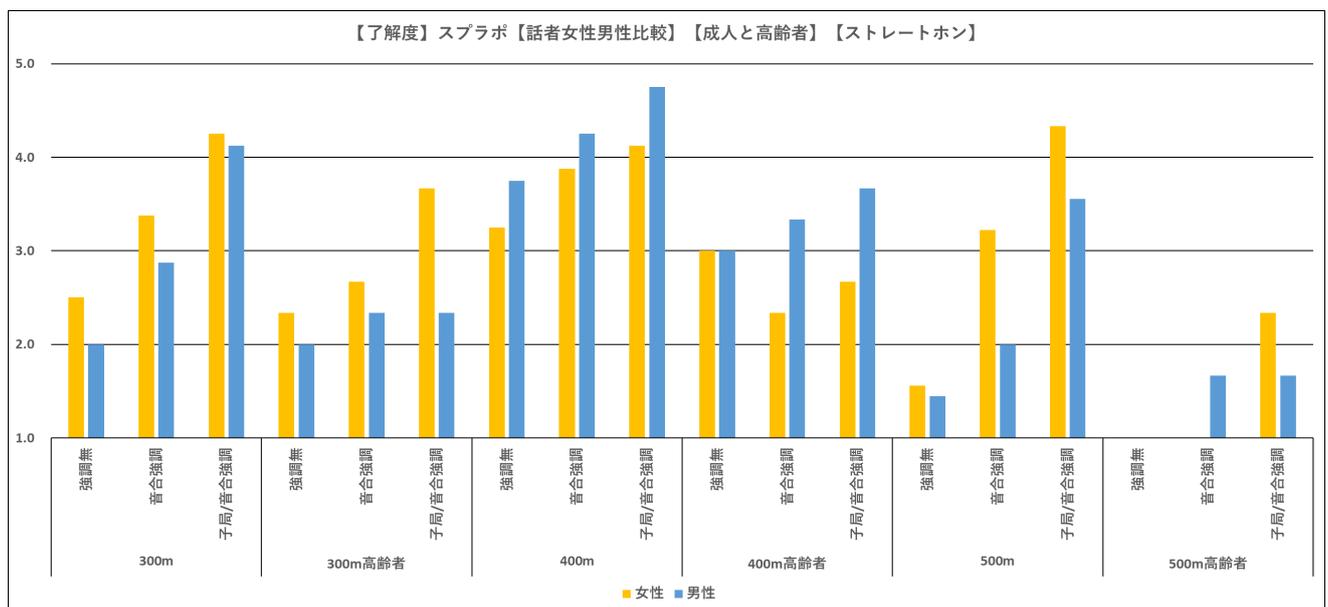


図 231 話者（男女）の違い【了解度、スプラボ、成人・高齢者、ストレートホン】

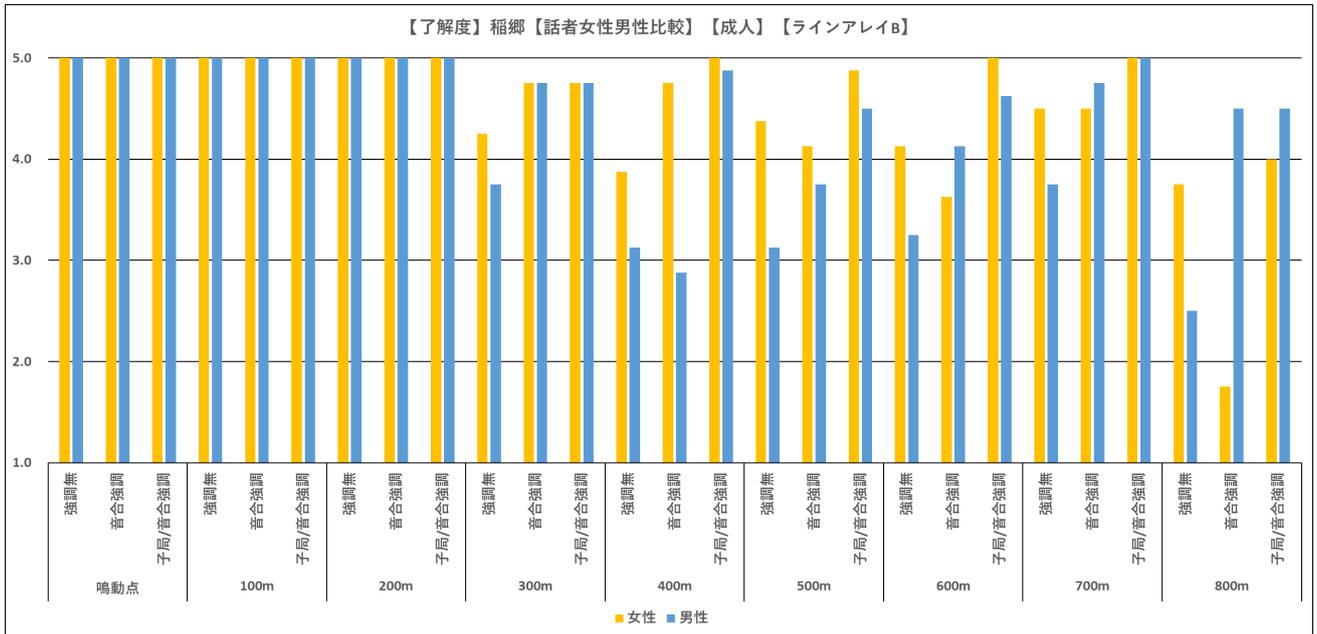


図 232 話者（男女）の違い【了解度、稲郷町有地、成人、ラインアレイ B】

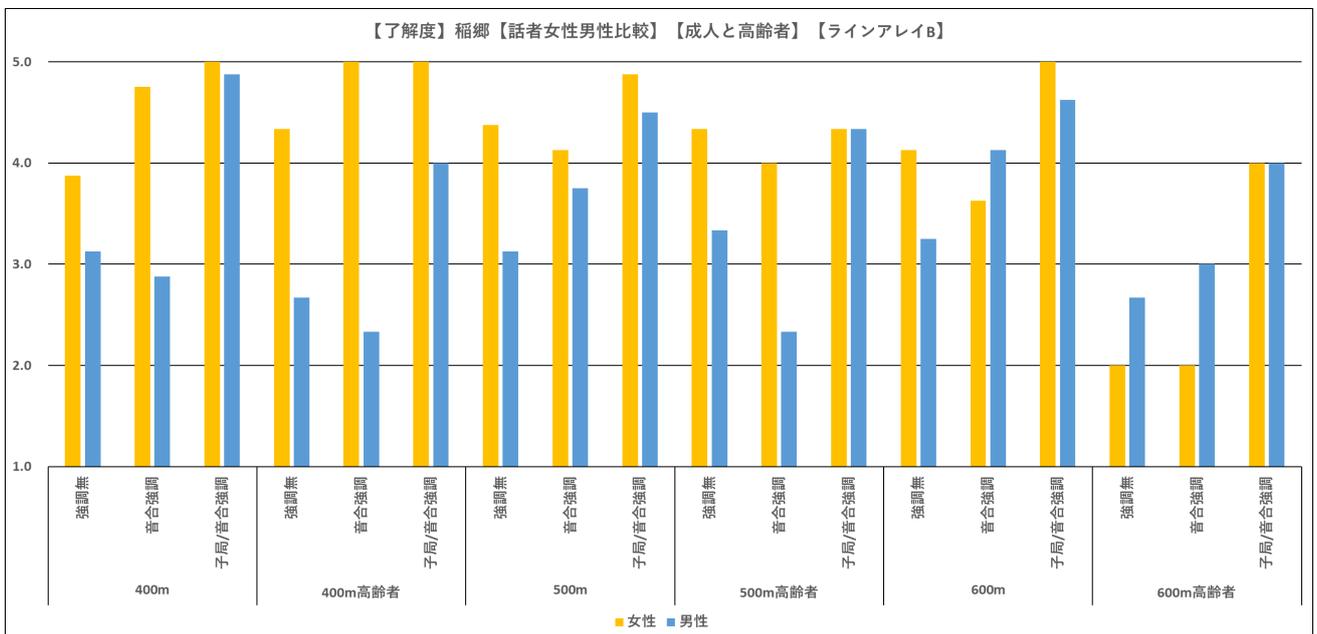


図 233 話者（男女）の違い【了解度、稲郷町有地、成人・高齢者、ラインアレイ B】

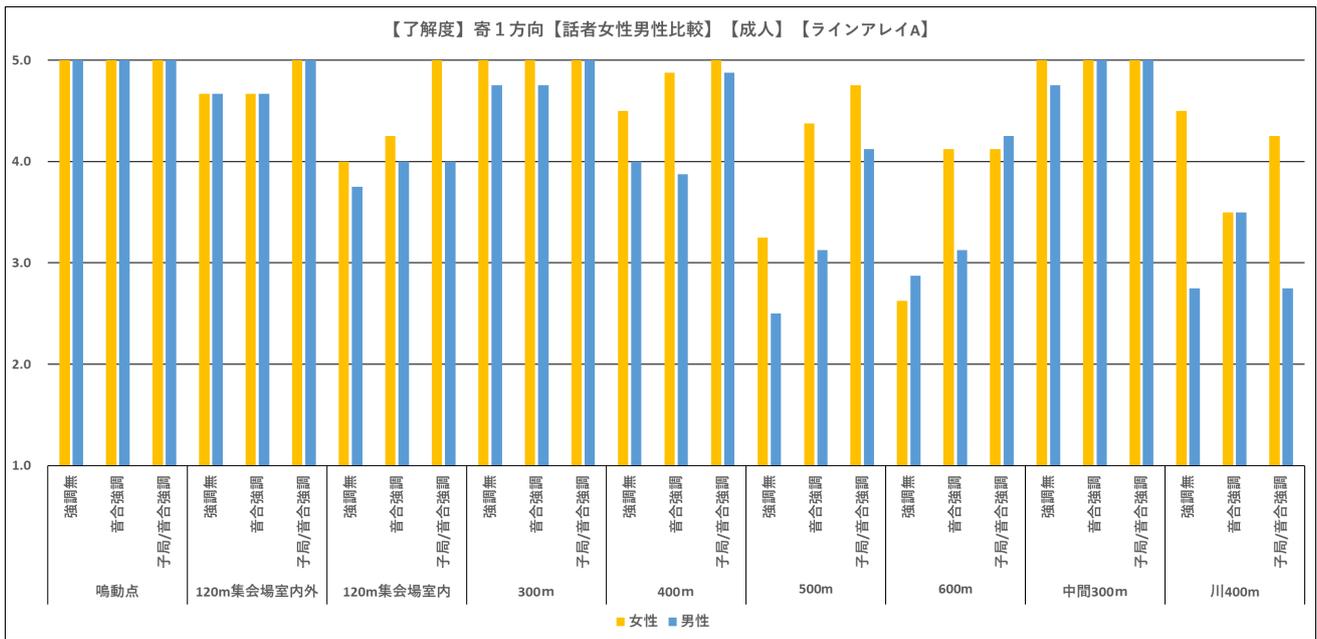


図 234 話者（男女）の違い【了解度、寄自然休養村、成人、ラインアレイ A】

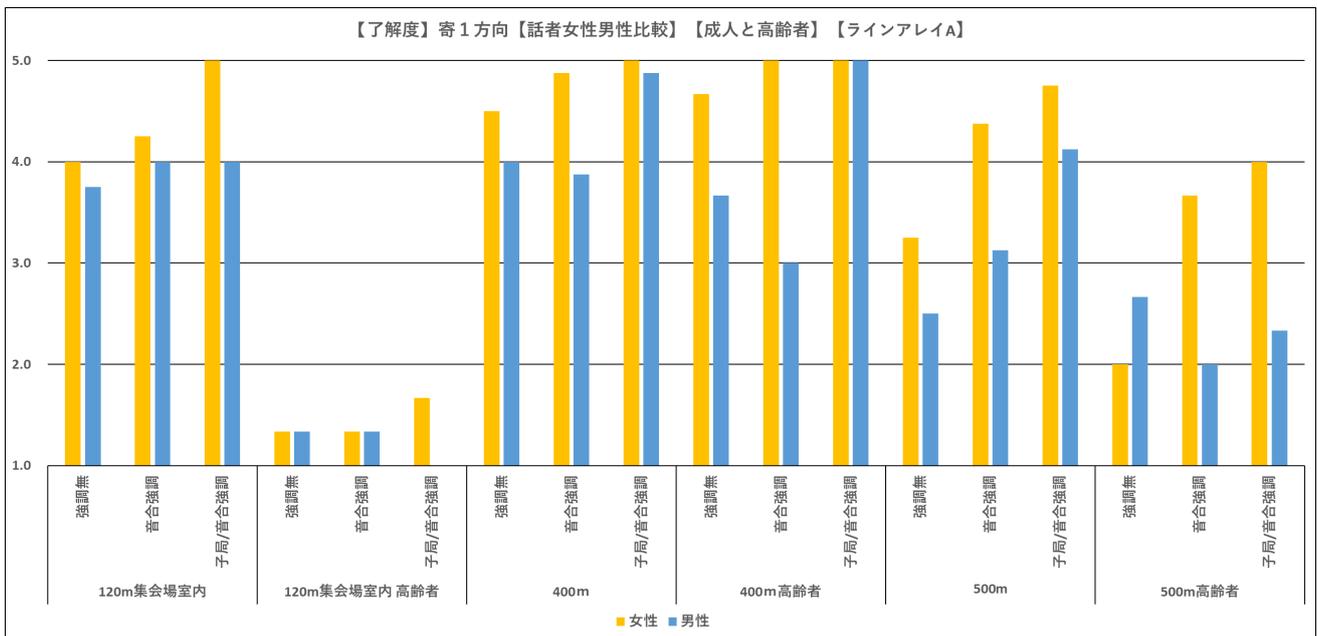


図 235 話者（男女）の違い【了解度、寄自然休養村、成人・高齢者、ラインアレイ A】

### 2.3.5.1.3.2. 音の大きさ

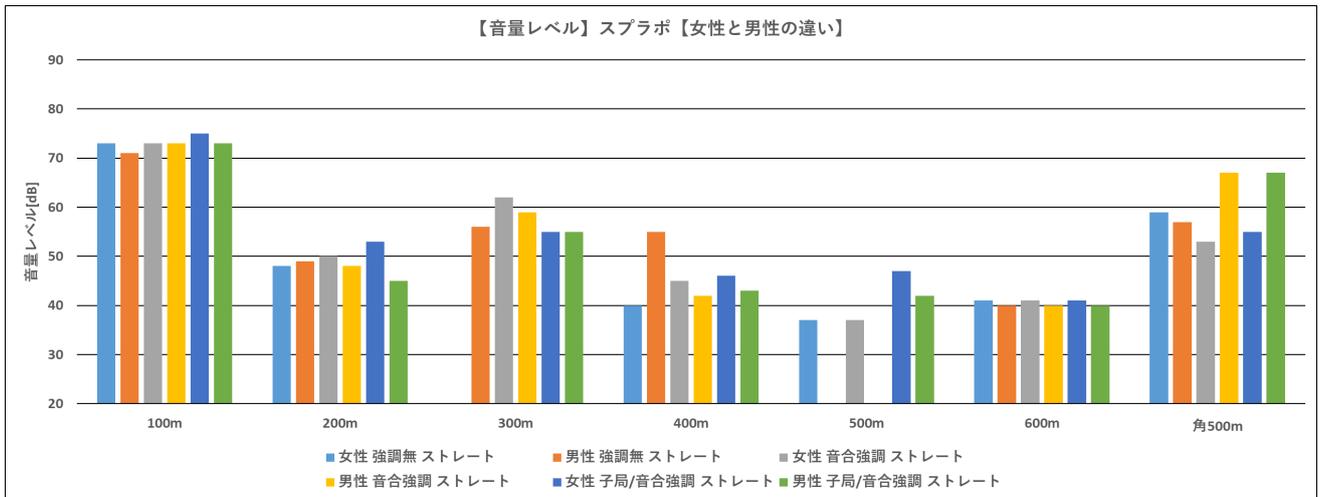


図 236 話者（男女）の違い【音量レベル、スプラポ、ストレート】

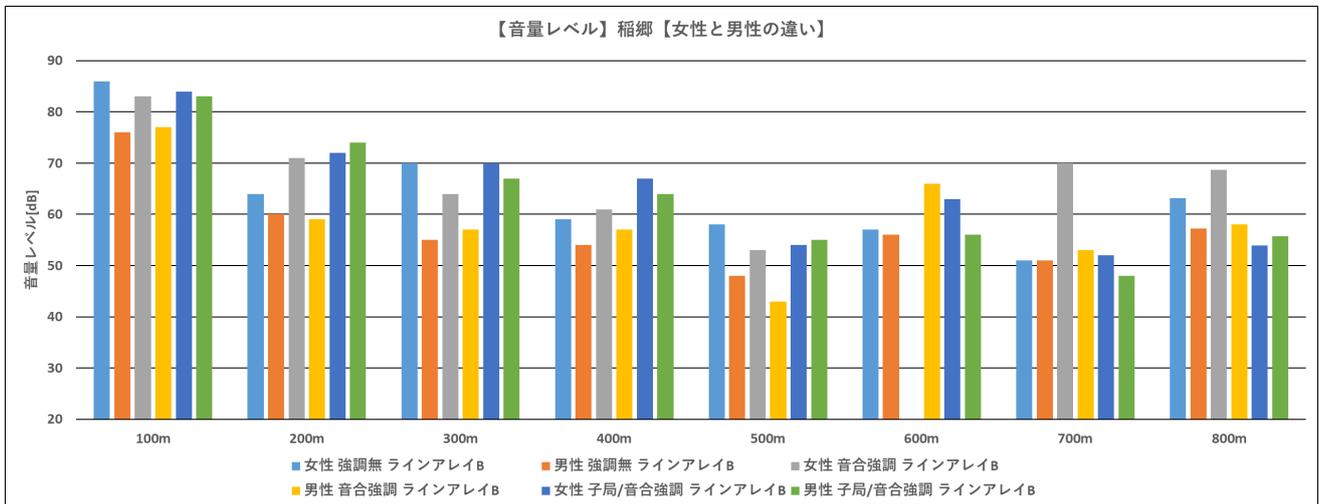


図 237 話者（男女）の違い【音量レベル、稲郷町有地、ラインアレイ B】

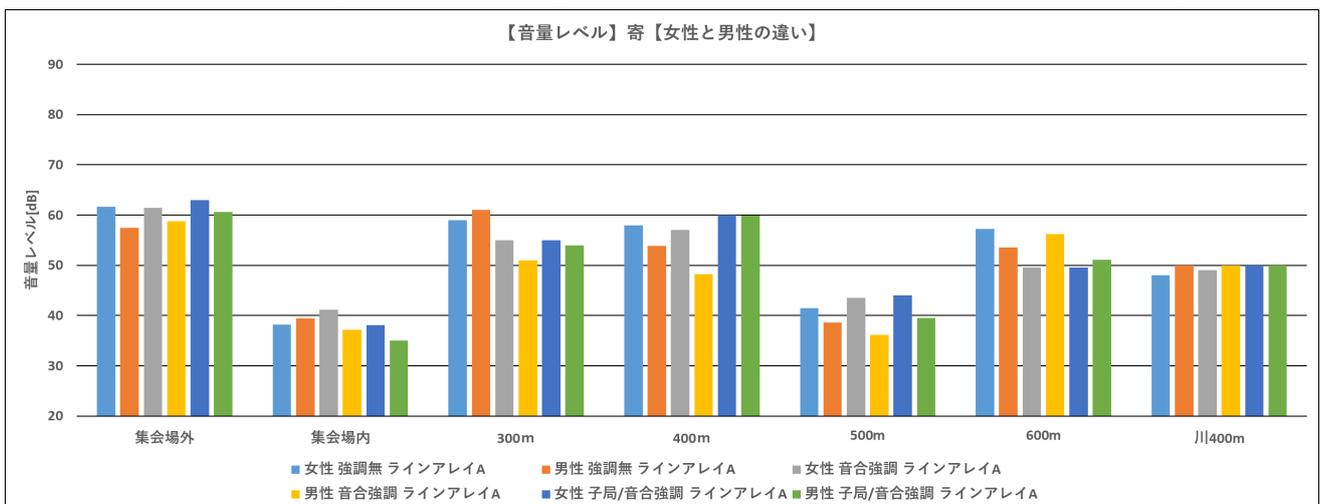


図 238 話者（男女）の違い【音量レベル、寄自然休養村、ラインアレイ A】

### 2.3.5.1.4. 屋外屋内の違い

#### 2.3.5.1.4.1. 了解度

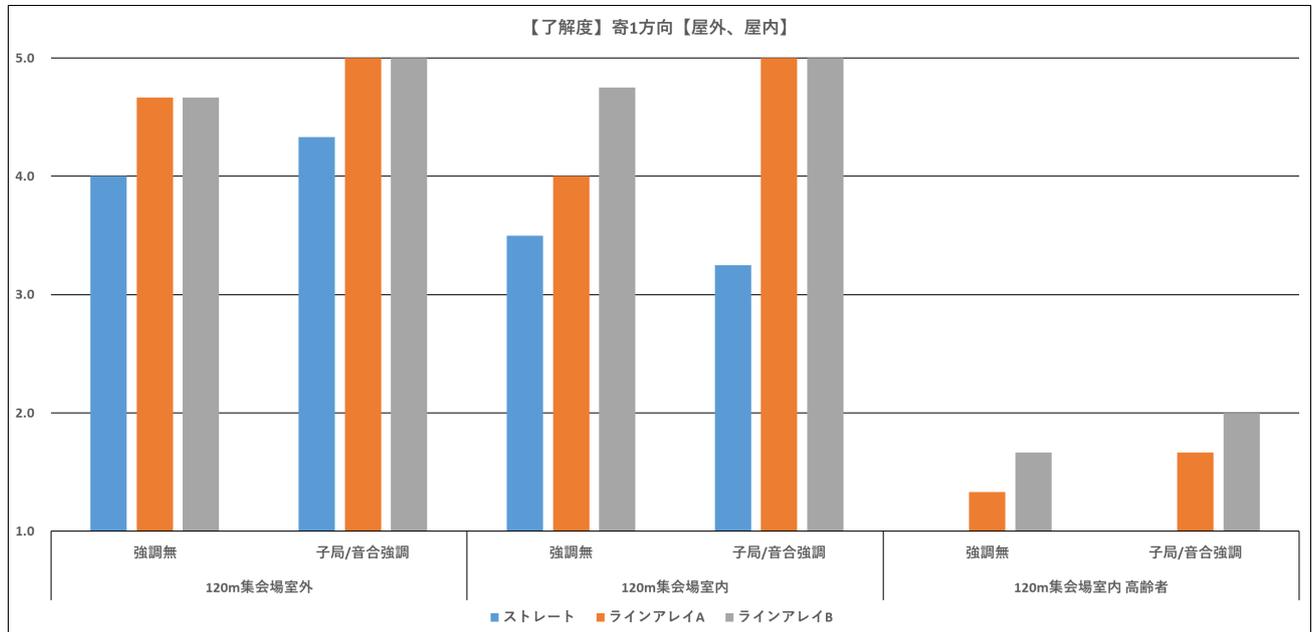


図 239 屋外と屋内【了解度、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

#### 2.3.5.1.4.2. 聞き取りにくさ

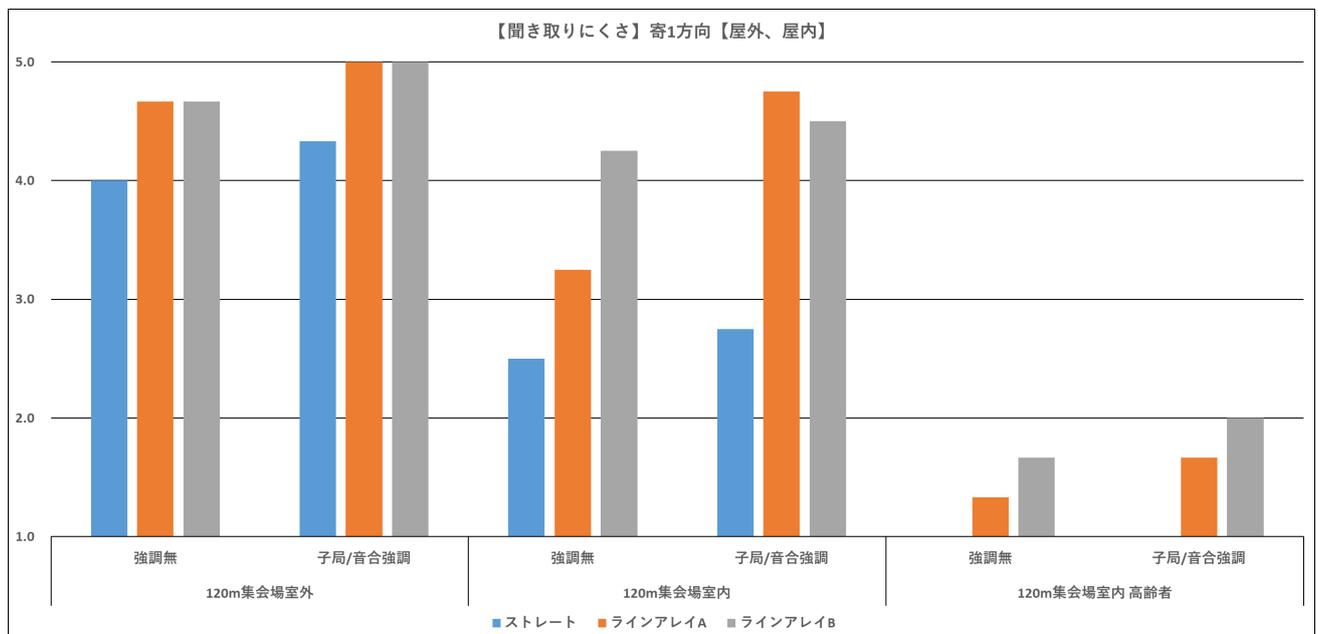


図 240 屋外と屋内【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.4.3. 自然さ

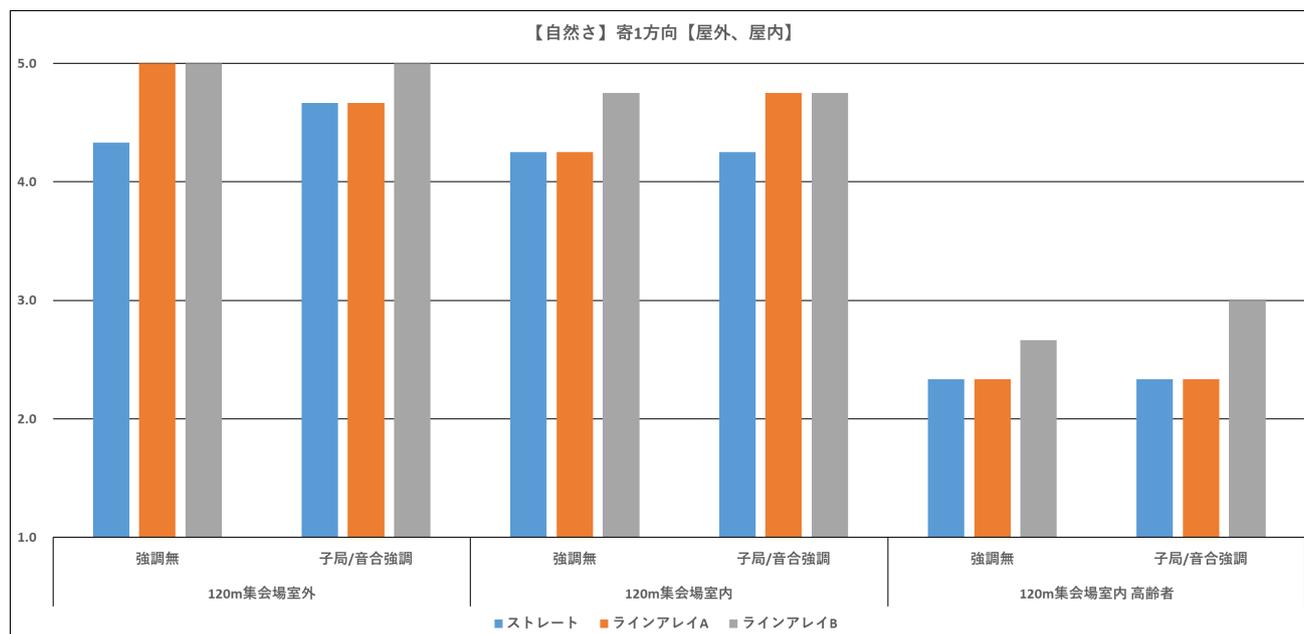


図 241 屋外と屋内【自然さ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.4.4. 音の大きさ

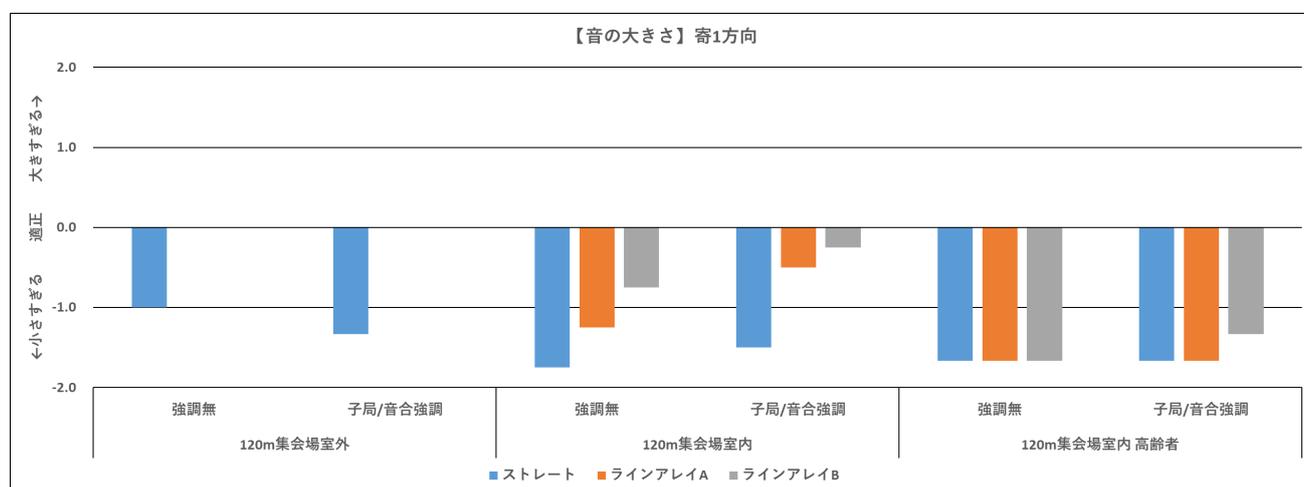


図 242 屋外と屋内【音の大きさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.4.5. 音量レベル

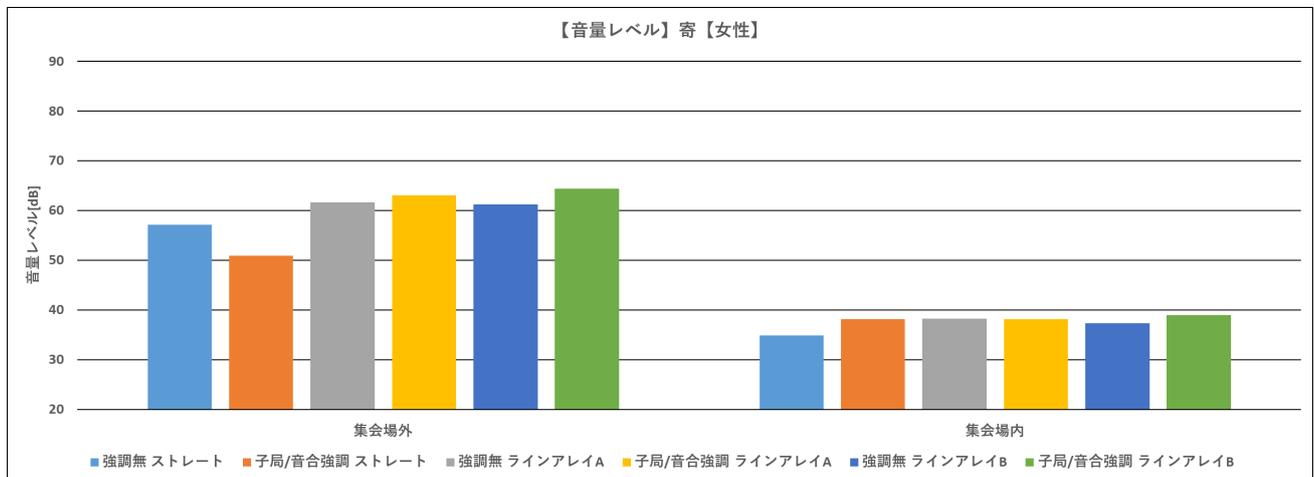


図 243 屋外と屋内【音量レベル、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

### 2.3.5.1.5.二方向鳴動の影響

#### 2.3.5.1.5.1. 了解度

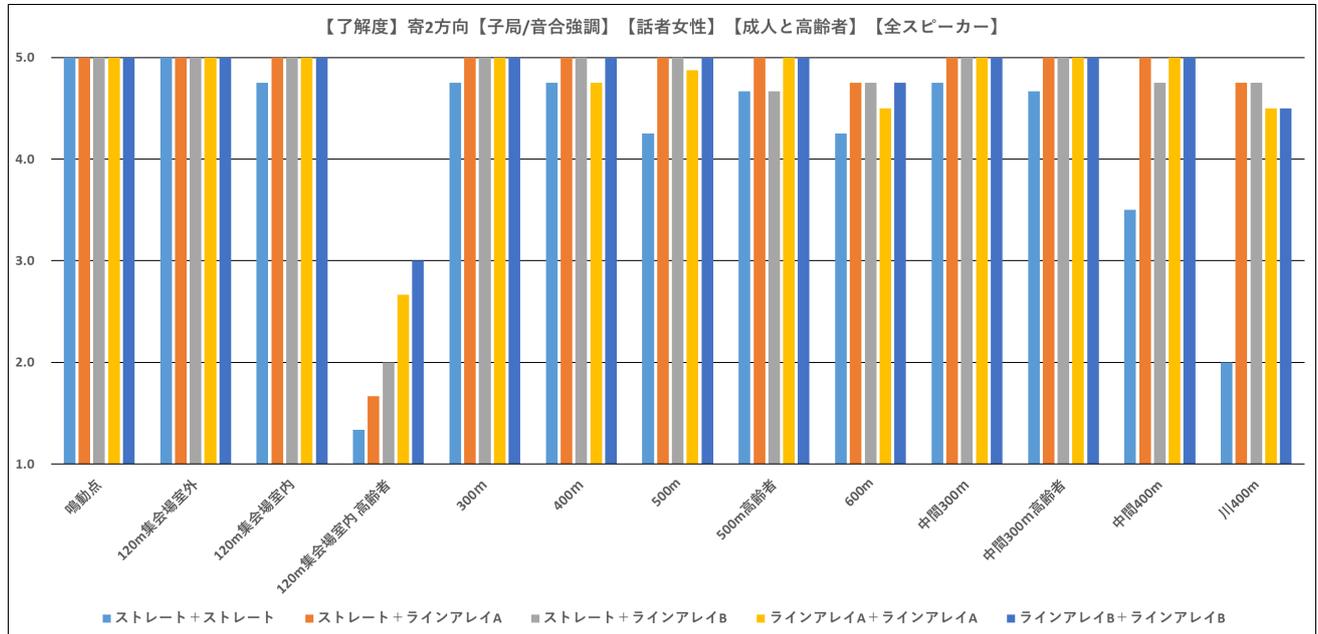


図 244 二方向鳴動【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

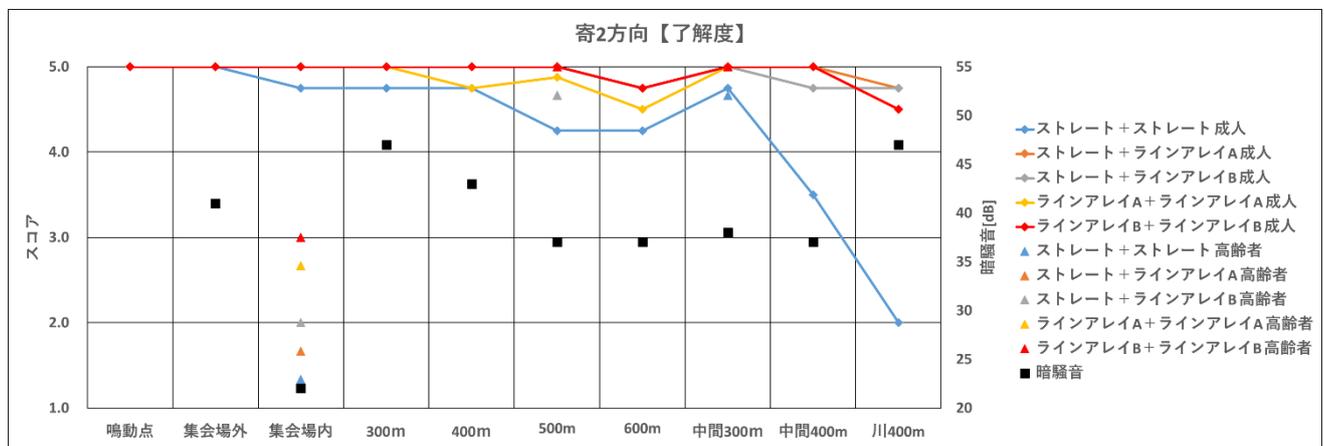


図 245 二方向鳴動【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

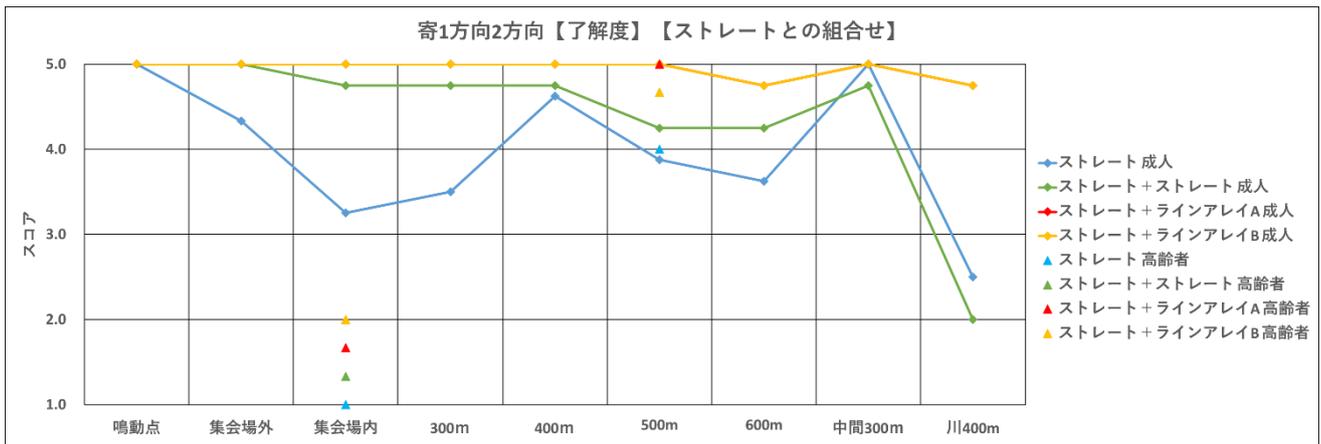


図 246 一方向二方向比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

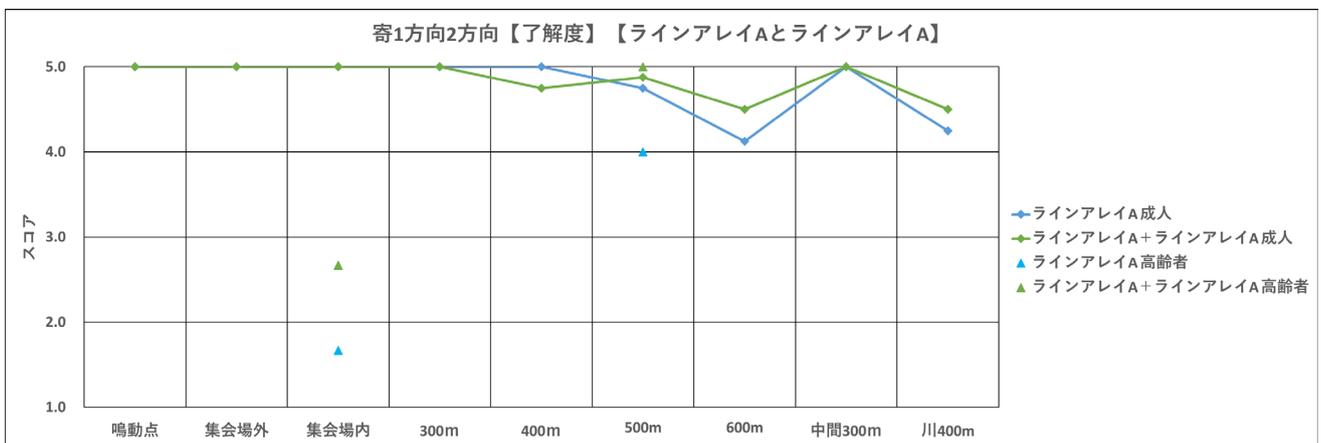


図 247 一方向二方向比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ A】

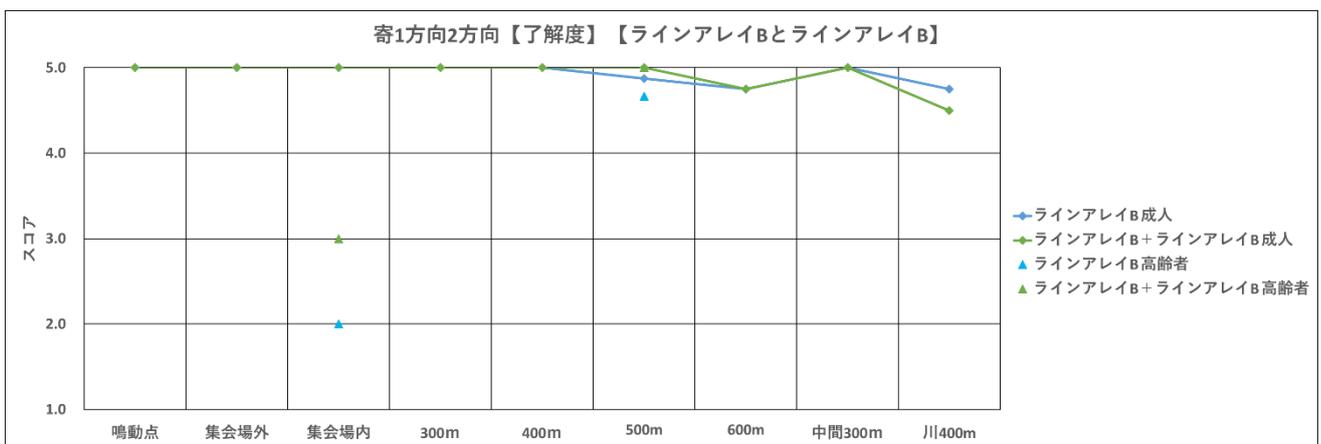


図 248 一方向二方向比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ B】

### 2.3.5.1.5.2. 聞き取りにくさ

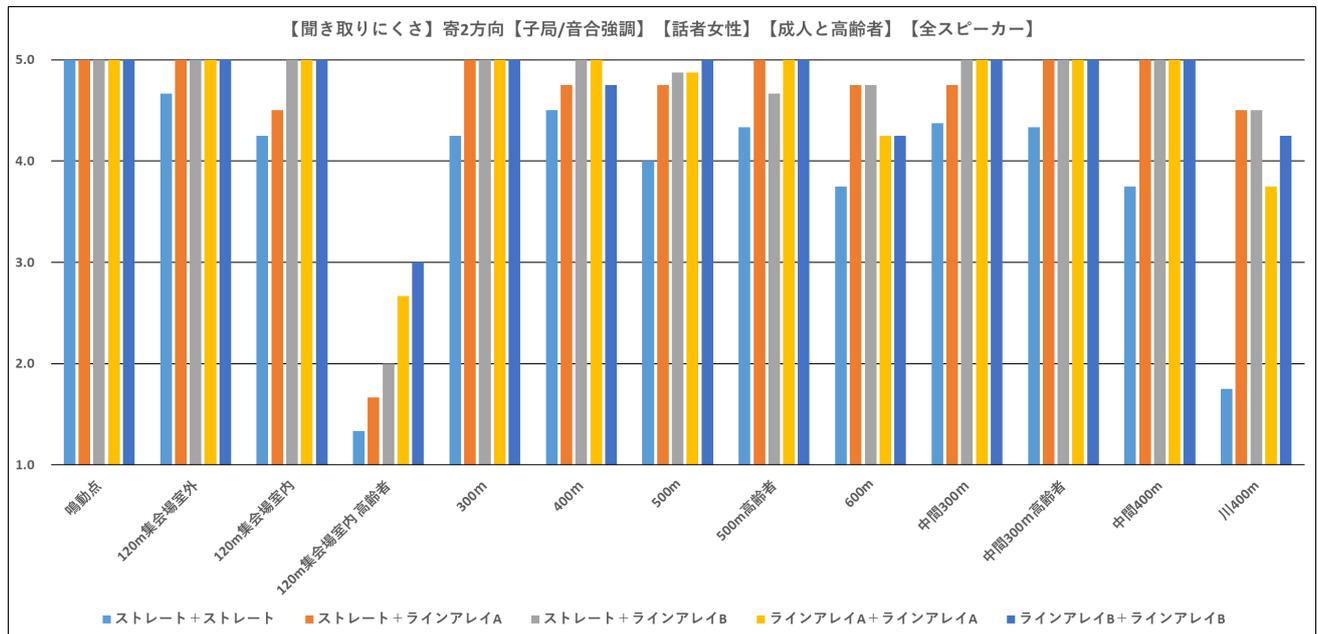


図 249 二方向鳴動【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

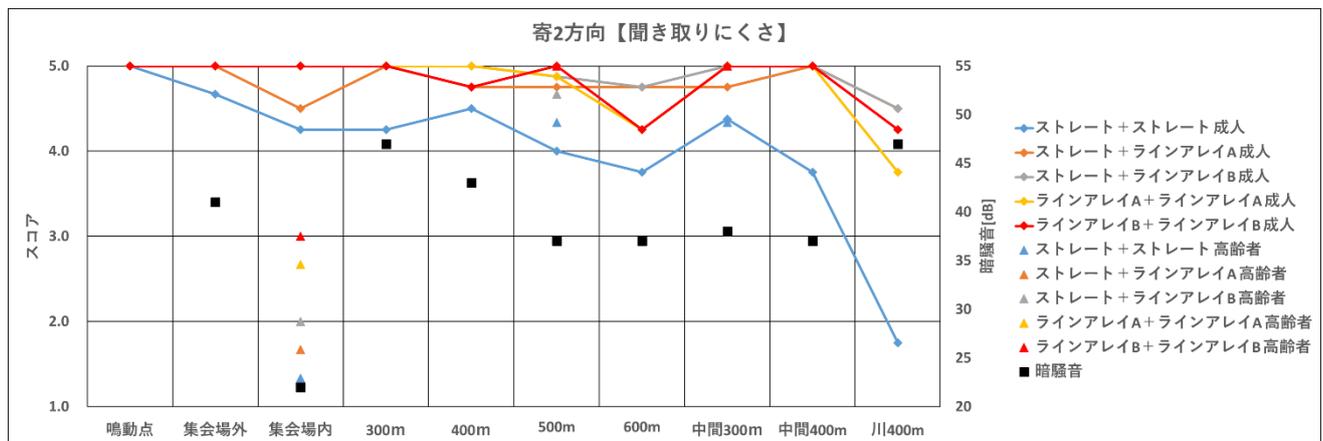


図 250 二方向鳴動【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

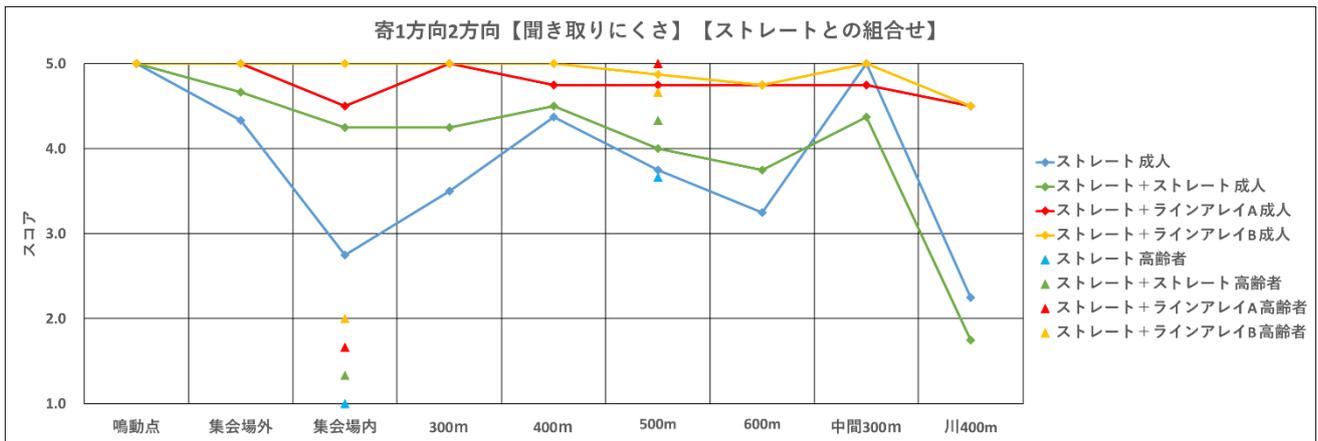


図 251 一方向二方向比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

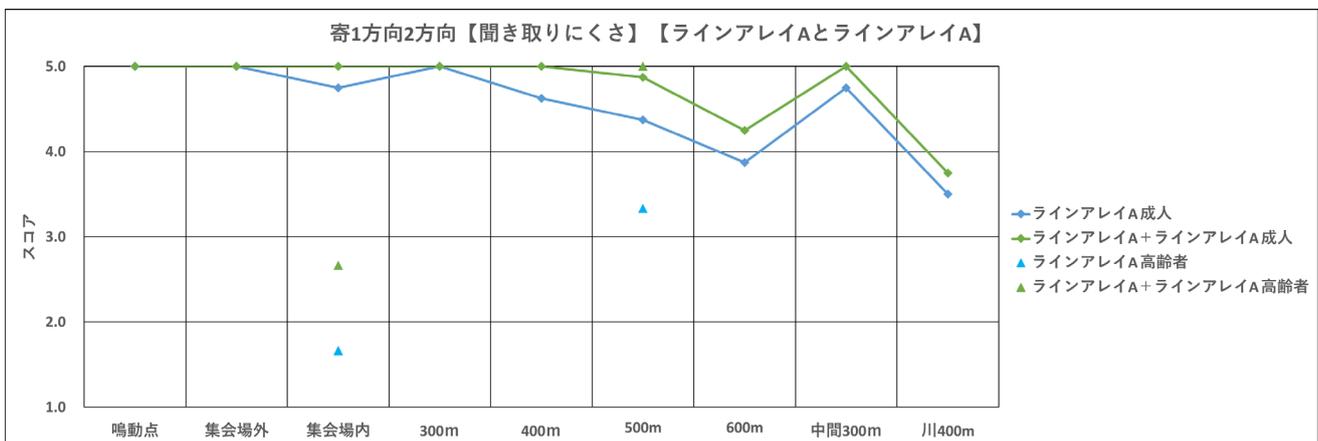


図 252 一方向二方向比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ A】

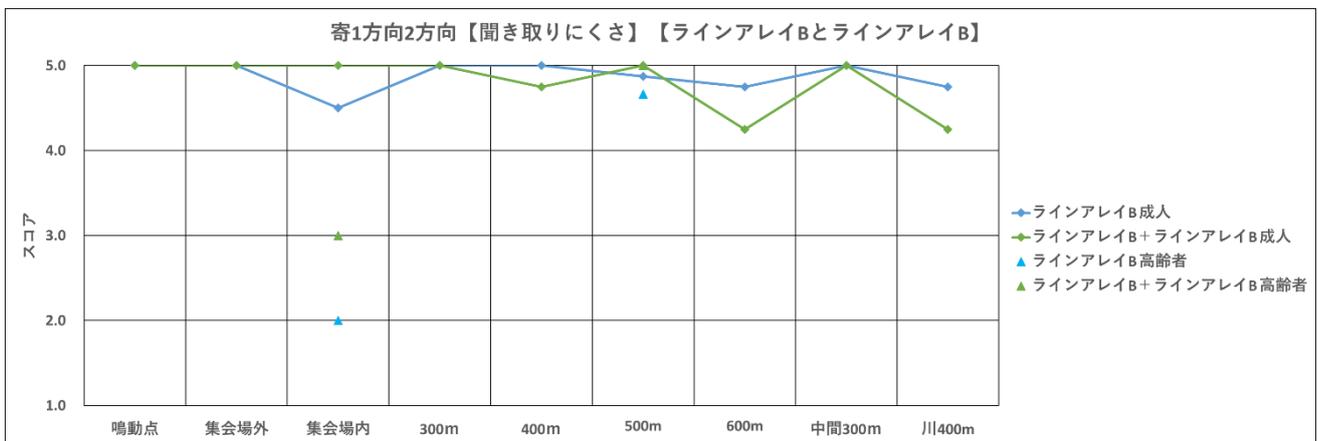


図 253 一方向二方向比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ B】

### 2.3.5.1.5.3. 自然さ

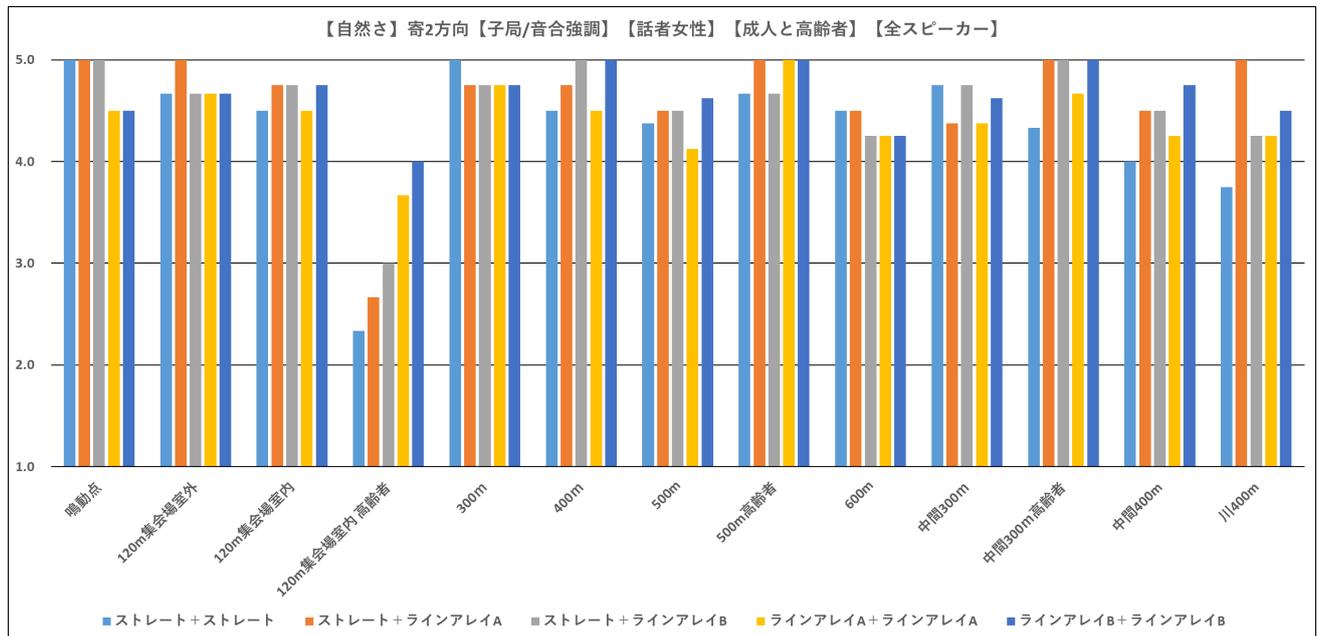


図 254 二方向鳴動【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

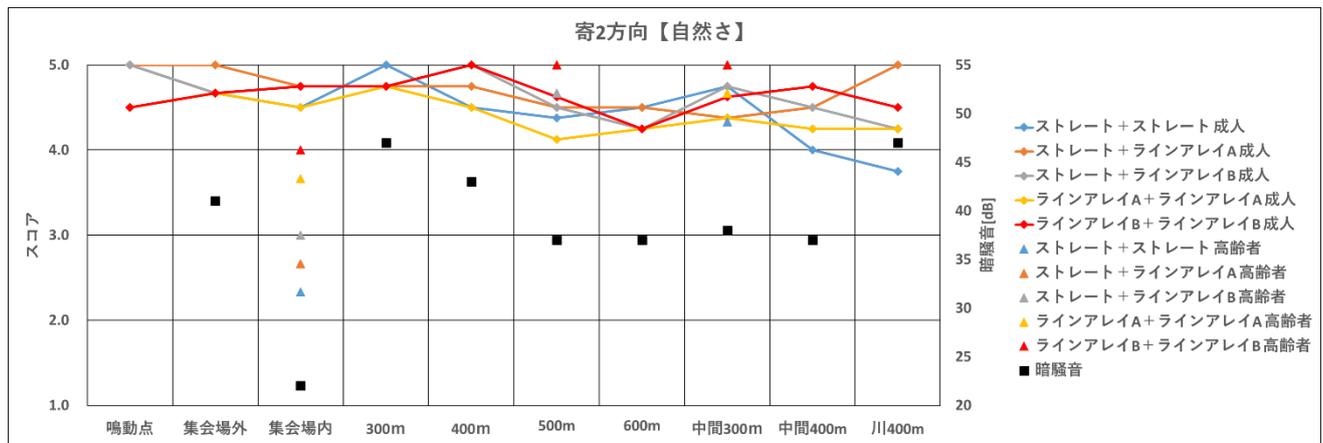


図 255 二方向鳴動【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

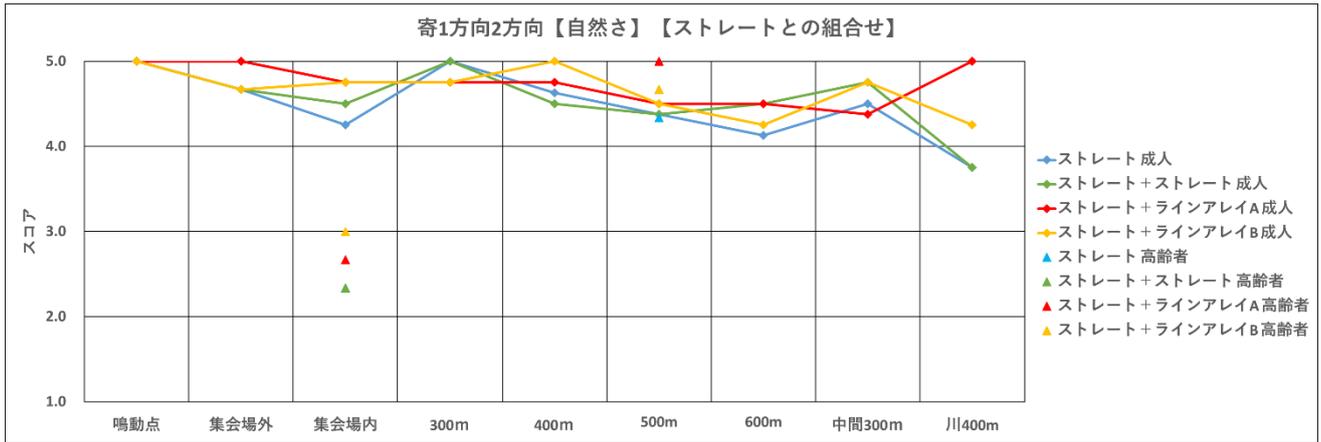


図 256 一方向二方向比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

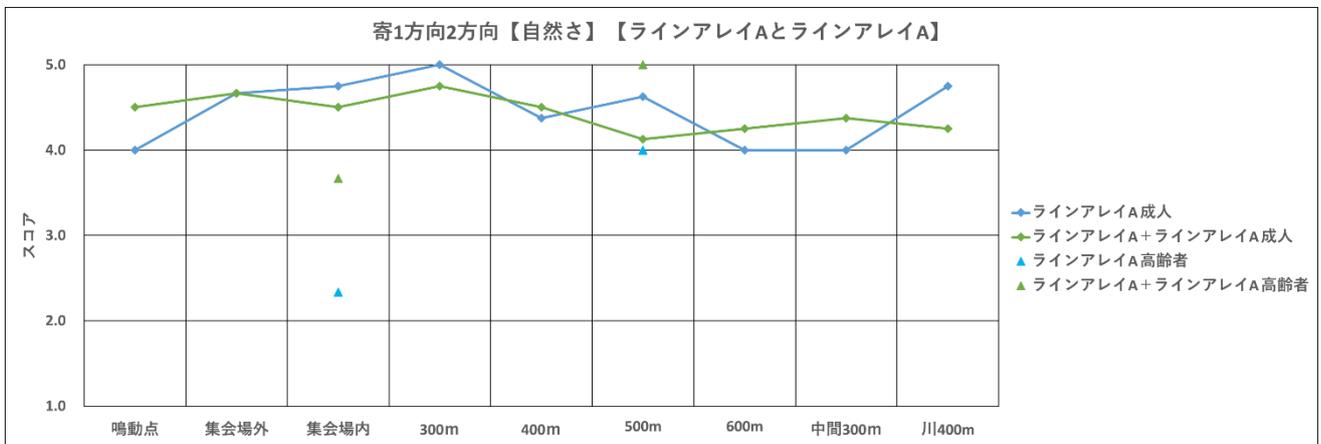


図 257 一方向二方向比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ A】

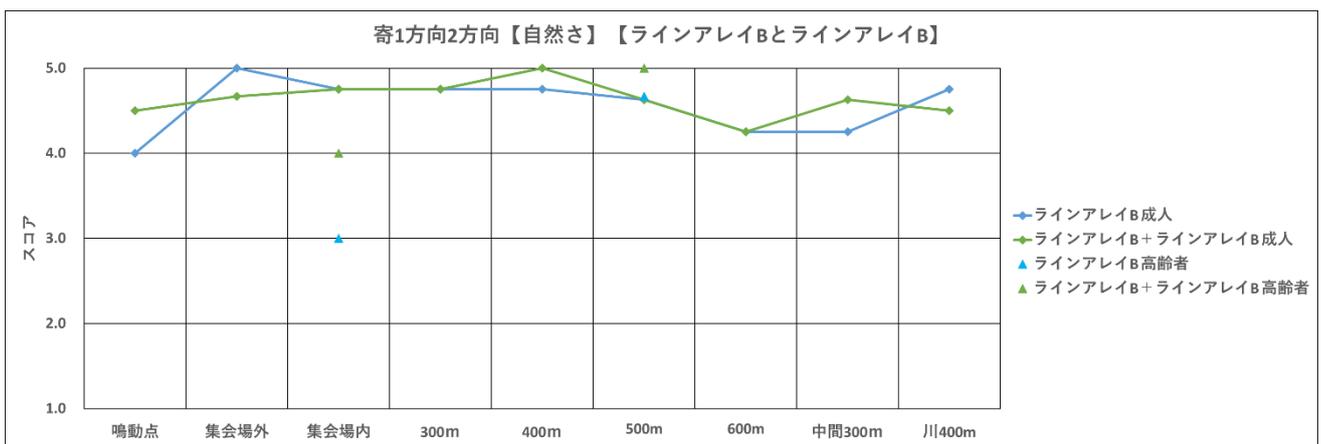


図 258 一方向二方向比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ B】

### 2.3.5.1.5.4. 音の大きさ

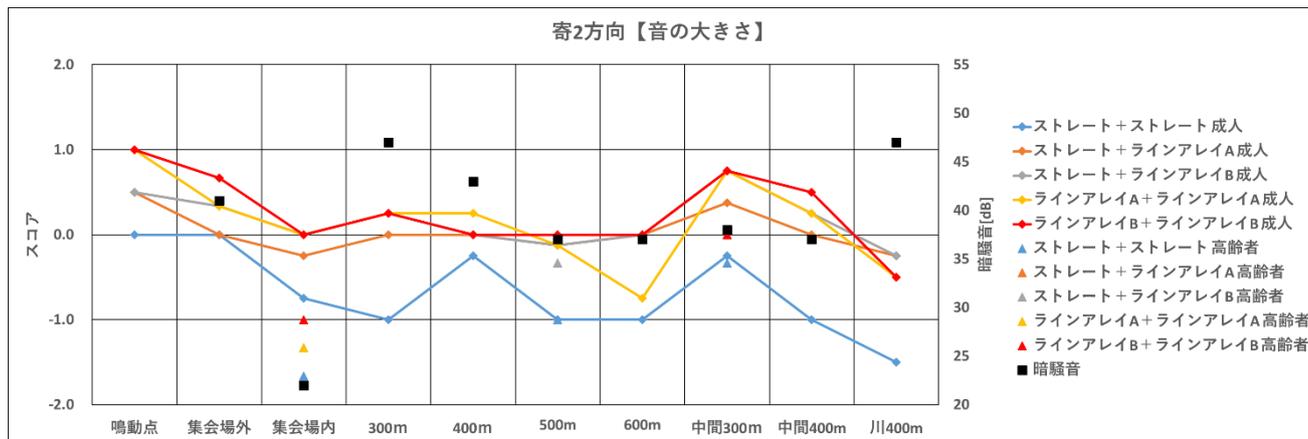


図 259 二方向鳴動【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

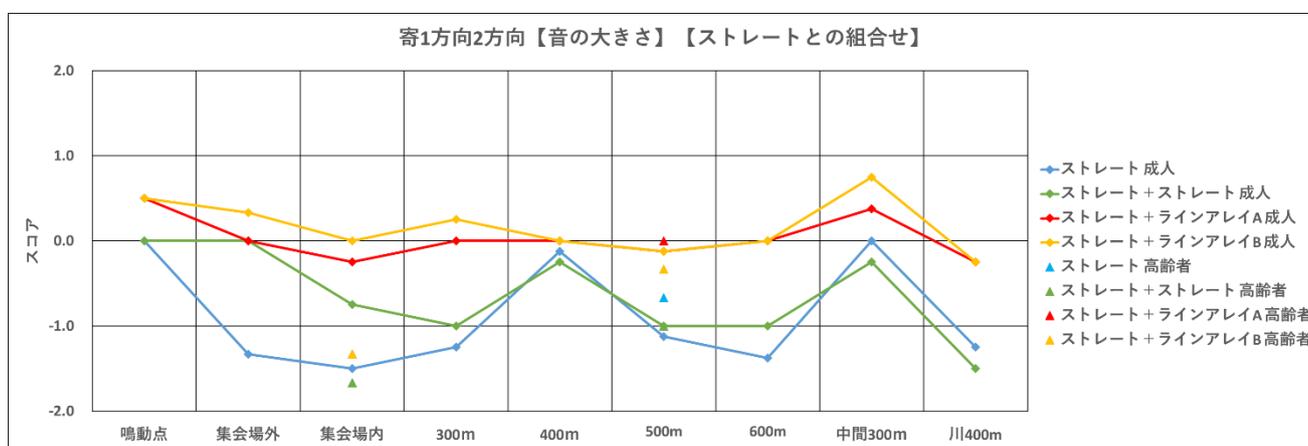


図 260 一方向二方向比較【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

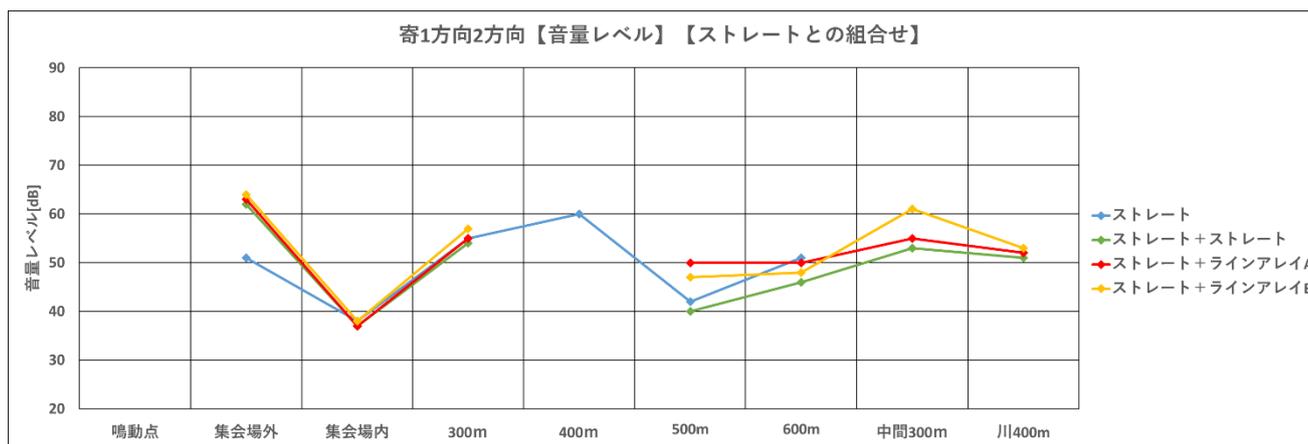


図 261 一方向二方向比較【音量レベル、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

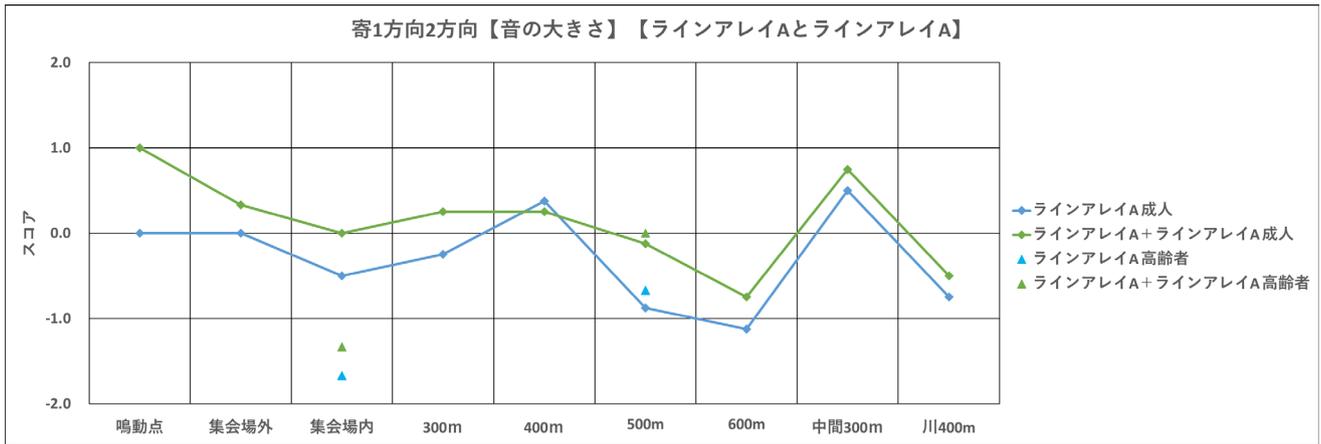


図 262 一方向二方向比較【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ A】

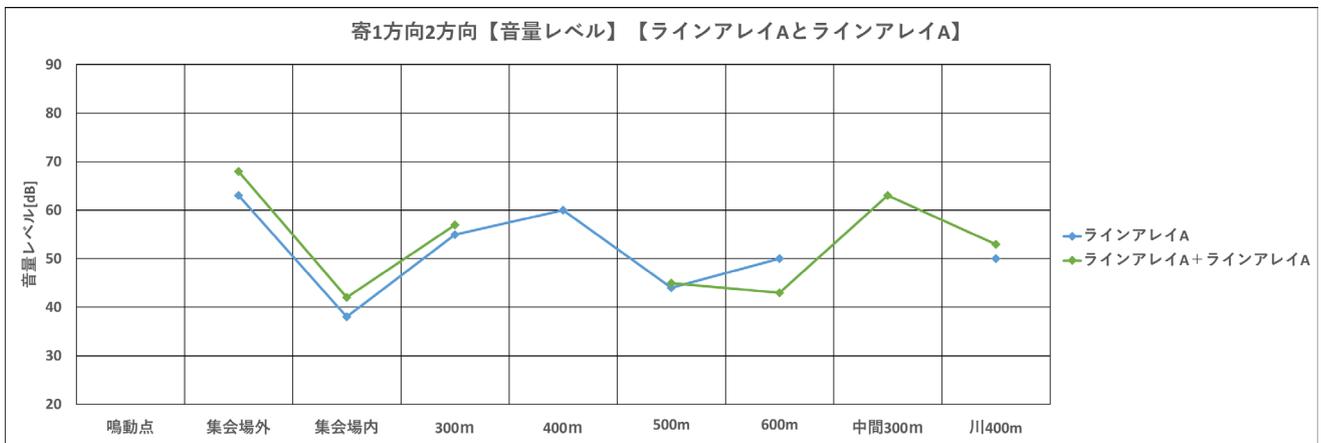


図 263 一方向二方向比較【音量レベル、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ A】

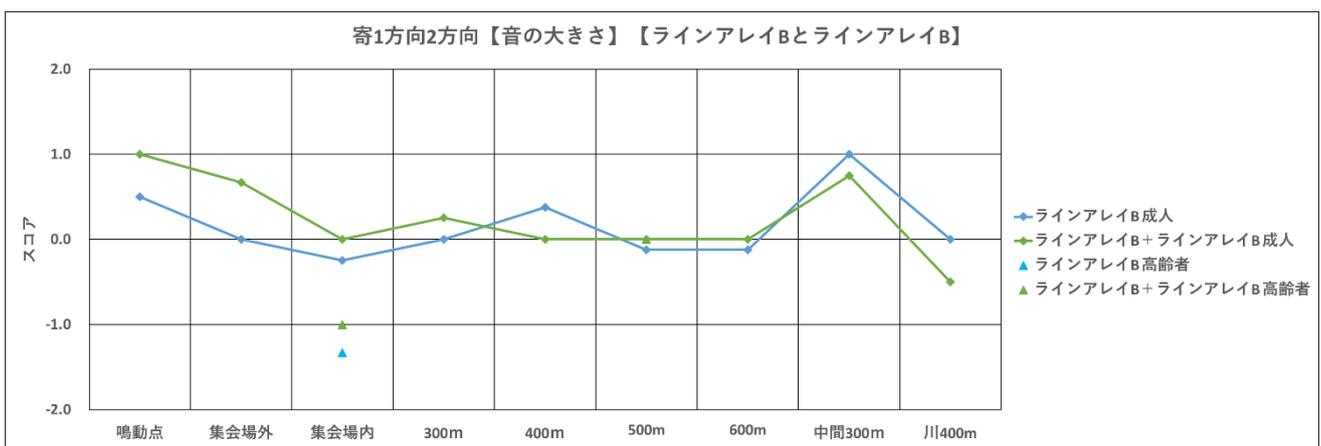


図 264 一方向二方向比較【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ B】

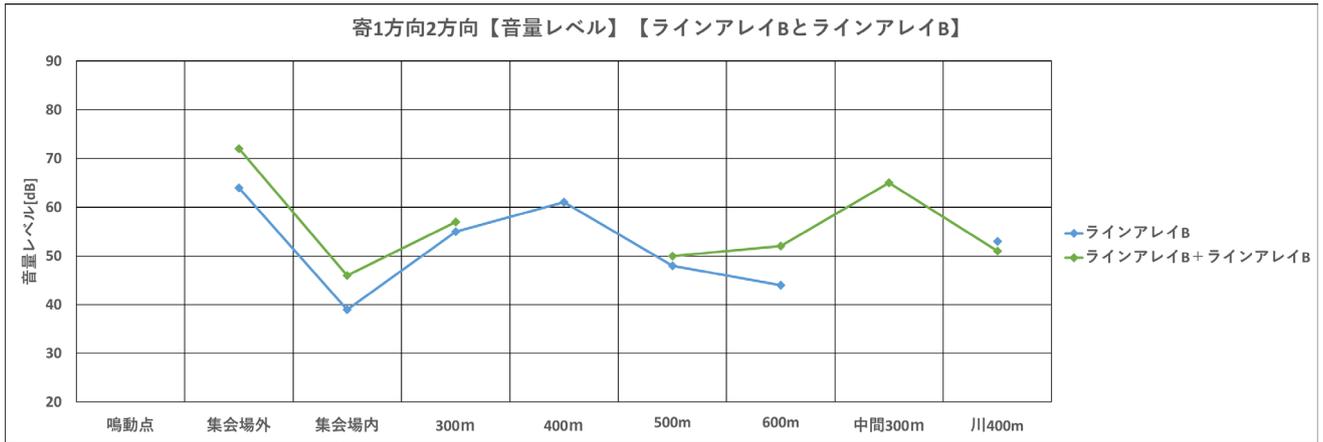


図 265 一方向二方向比較【音量レベル、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ラインアレイ B】

### 2.3.5.1.6. 音声と電子サイレンの違い

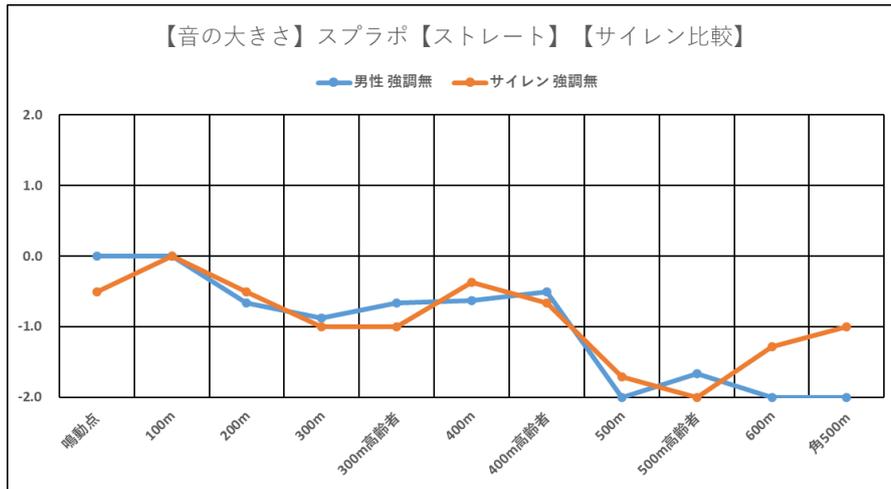


図 266 音声と電子サイレン【音の大きさ、スプラボ、ストレートホーン】

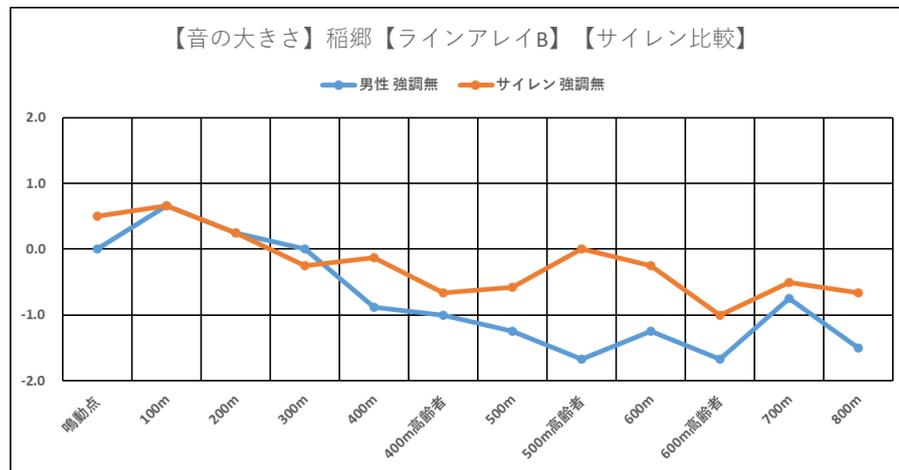


図 267 音声と電子サイレン【音の大きさ、稲郷町有地、ラインアレイ B】

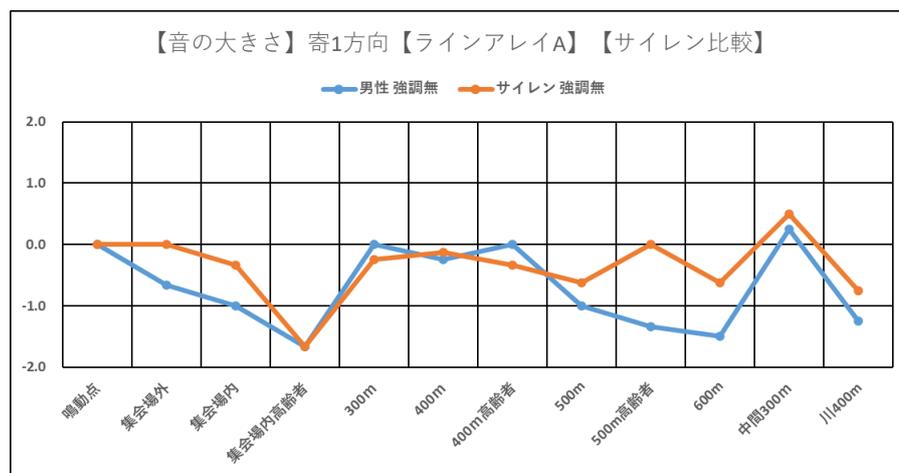


図 268 音声と電子サイレン【音の大きさ、寄自然休養村、ラインアレイ A】

### 2.3.5.2. SII 計算結果

放送音声から計算した SII を以下に示す。

#### 2.3.5.2.1. スプラボの結果

ほとんどの場所で、改善施策による SII の改善が見られる。

表 49 放送音声からの SII 計算結果 (スプラボ)

試験場所	話者		音声改善		スピーカー種				暗騒音のLAeq, dB							
	男性	女性	なし	音合 強調	子局/音合 強調	ストレート スピーカー	ライン アレイA	ライン アレイB	ライン アレイC	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m 角度付き
旧松田 土木事務所 (スプラボ)		○	○			○				39.9	37.2	39.9	録音 不良	36.7	38.4	45.5
		○		○		○				34.2	37.1	40.5		37.5	38.5	44.2
		○			○	○				39.4	38.9	41.9		36.8	37.1	45.9
		○	○					○		44.4	39.0	41.0		43.5	39.0	47.2
		○			○			○		42.6	37.9	40.7		37.6	41.7	46.2
		○	○					○		37.3	38.3	40.5		36.6	42.1	45.0
		○			○			○		39.4	39.1	45.3		37.4	35.4	46.1
		○	○						○	38.2	36.9	41.1		38.0	37.1	46.8
		○			○				○	35.7	37.1	41.5		36.1	37.8	47.5
		○		○		○				37.2	39.2	45.6		40.2	35.8	47.6
	○			○	○				39.4	38.8	41.2	38.0	35.2	48.5		
	○				○				37.0	38.3	41.3	39.1	40.1	47.9		
試験場所	話者		音声改善		スピーカー種				音声から算出したSII							
試験場所	男性	女性	なし	音合 強調	子局/音合 強調	ストレート スピーカー	ライン アレイA	ライン アレイB	ライン アレイC	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m 角度付き
旧松田 土木事務所 (スプラボ)		○	○			○				0.924	0.572	0.232	録音 不良	0.491	0.197	0.218
		○		○		○				0.956	0.644	0.237		0.403	0.200	0.276
		○			○	○				0.945	0.787	0.620		0.646	0.588	0.388
		○	○					○		0.858	0.831	0.686		0.433	0.400	0.408
		○			○			○		0.953	0.911	0.698		0.815	0.434	0.734
		○	○					○		0.914	0.858	0.607		0.555	0.217	0.530
		○			○			○		0.945	0.891	0.664		0.826	0.803	0.516
		○	○						○	0.933	0.874	0.571		0.419	0.621	0.266
		○			○				○	0.944	0.876	0.675		0.868	0.829	0.201
		○		○		○				0.923	0.557	0.030				0.028
	○			○	○				0.948	0.583	0.294	0.189				
	○				○	○			0.953	0.680	0.225	0.247	0.404			

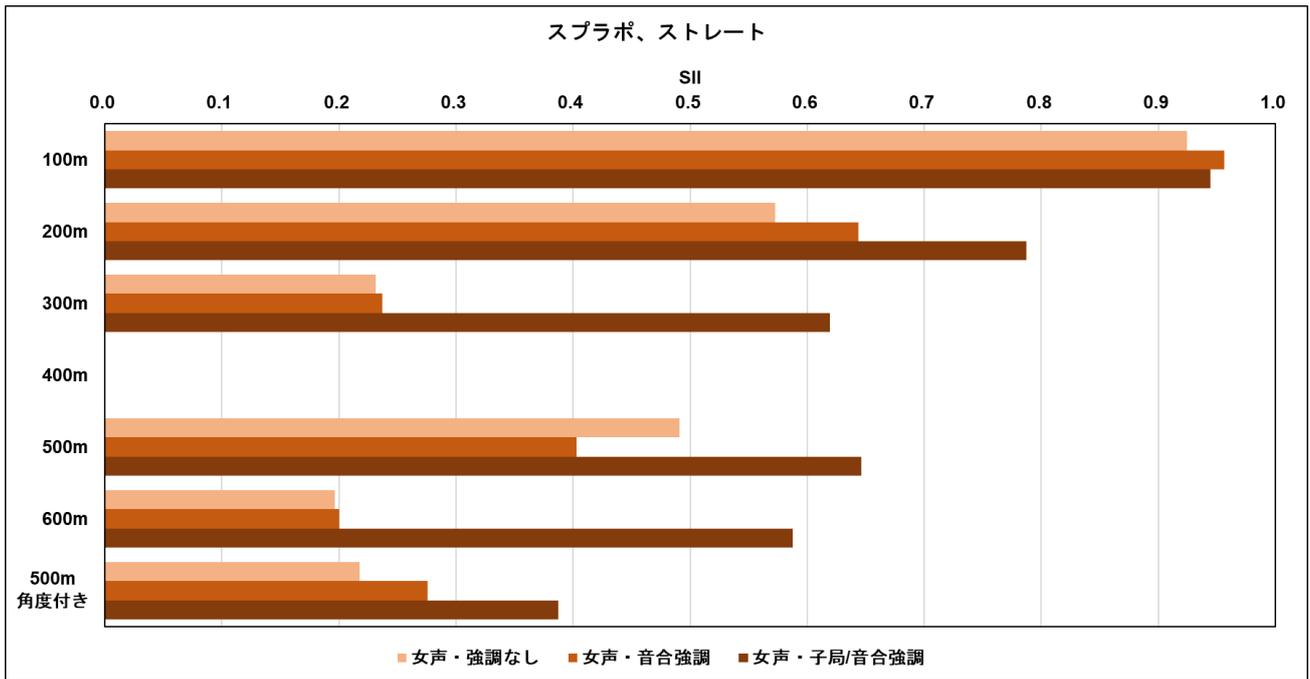


図 269 SII【スプラボ、女性、ストレートホーン】

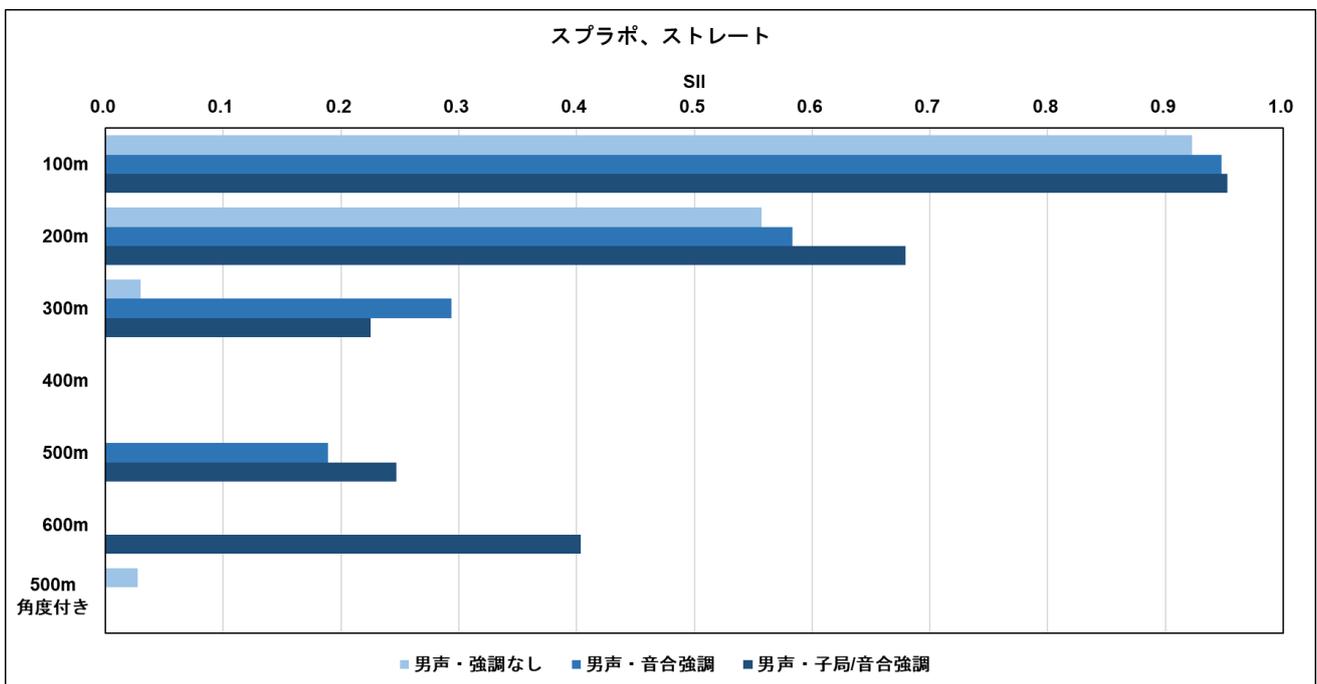


図 270 SII【スプラボ、男性、ストレートホーン】

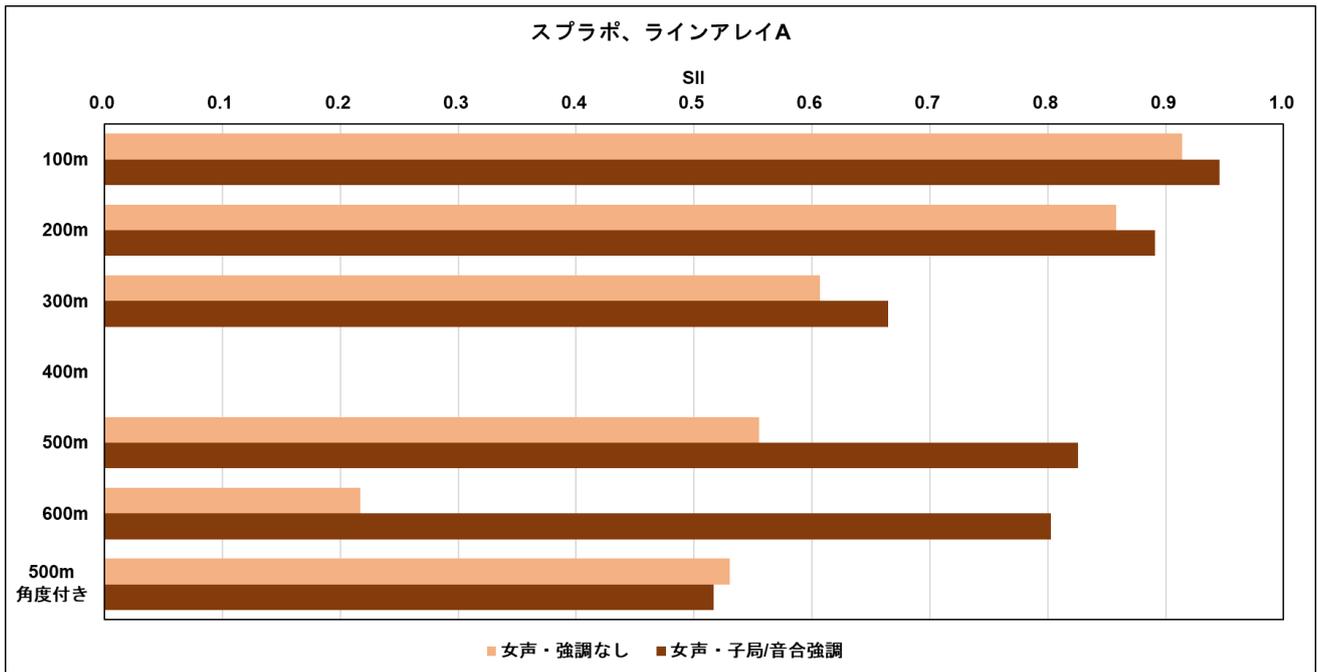


図 271 SII【スプラボ、女性、ラインアレイ A】

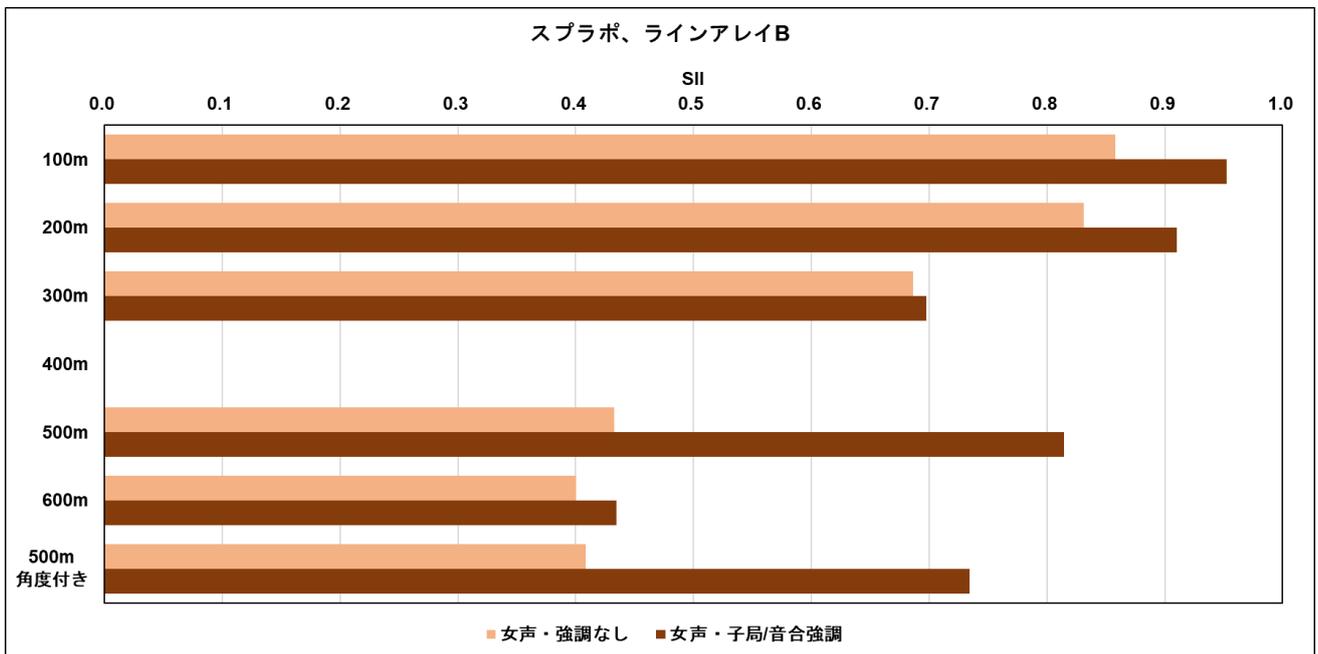


図 272 SII【スプラボ、女性、ラインアレイ B】

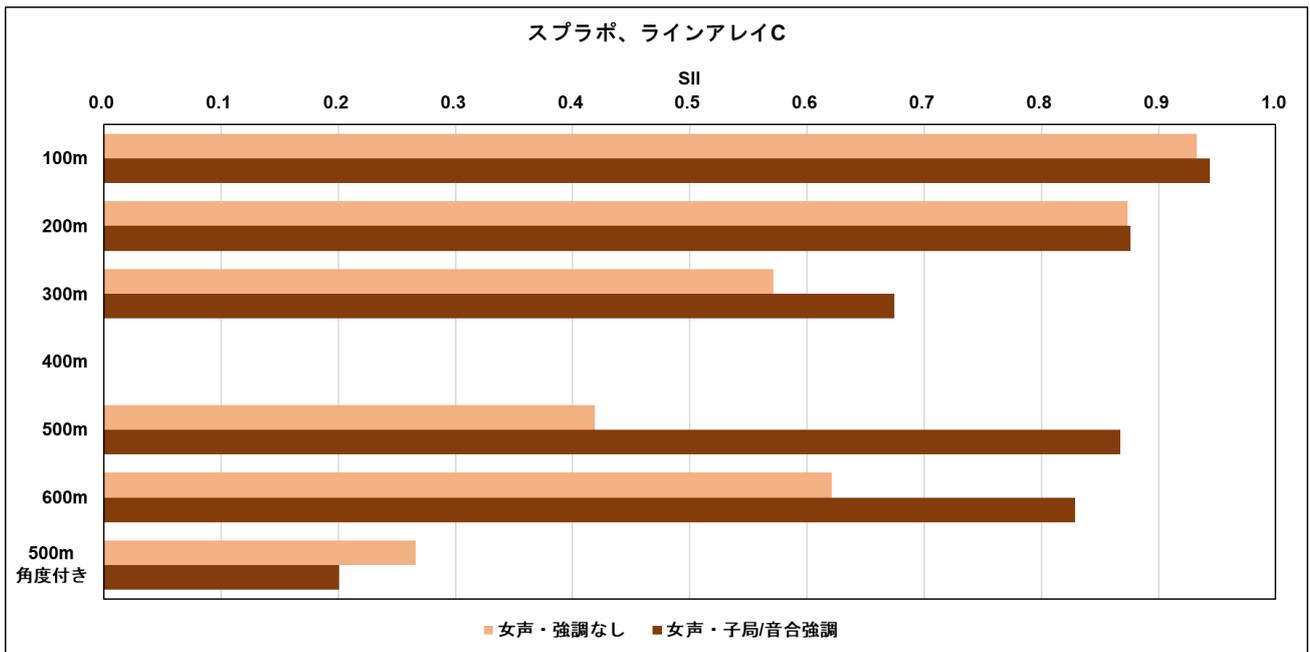


図 273 SII【スプラボ、女性、ラインアレイC】

### 2.3.5.2.2. 稲郷町有地の結果

距離が離れすぎる（800m など）と SII 計算値に改善施策の効果が見えなくなった。遠距離になるほど空気吸収が大きくなることや、風等の影響を受けやすくなり、音そのものが届きにくくなることが要因として考えられる。

表 50 放送音声からの SII 計算結果（稲郷町有地）

試験場所	話者		音声改善		スピーカー種				暗騒音のLAeq, dB								
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ラインアレイA	ラインアレイB	ラインアレイC	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
稲郷町有地		○	○					○		50.4	50.0	46.7	49.3	48.4	45.0	44.3	46.7
		○		○				○		50.5	49.9	46.4	49.1	48.5	45.8	47.2	47.3
		○			○			○		50.8	49.3	46.7	48.5	47.9	46.4	44.6	46.4
		○	○			○				50.0	50.0	45.3	48.7	48.1	46.2	44.9	46.5
		○		○		○				50.0	49.3	45.4	49.0	47.7	46.5	44.9	49.0
		○			○	○				50.5	49.9	46.3	50.1	48.6	46.3	45.6	47.6
		○	○					○		50.2	50.2	45.6	48.9	48.0	44.6	47.7	47.6
		○		○				○		50.1	49.6	45.9	49.4	48.4	45.0	47.0	47.3
		○			○			○		50.4	49.9	46.2	49.3	48.4	45.4	48.5	47.1
		○	○						○	50.8	50.3	45.8	48.4	48.6	45.7	48.6	48.1
		○			○				○	53.8	54.8	46.3	48.8	47.6	44.7	44.7	47.3
		○		○					○	52.0	49.8	45.4	48.4	47.0	43.4	44.4	46.2
		○			○				○	50.0	49.4	45.2	49.7	49.0	45.8	47.0	47.4
	○			○				○	51.1	49.0	45.2	48.6	47.1	44.7	44.6	47.6	
試験場所	話者		音声改善		スピーカー種				音声から算出したSII								
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ラインアレイA	ラインアレイB	ラインアレイC	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
稲郷町有地		○	○					○		0.815	0.668	0.641	0.463	0.437	0.405	0.414	0.471
		○		○				○		0.891	0.859	0.801	0.453	0.413	0.389	0.262	0.157
		○			○			○		0.913	0.883	0.867	0.681	0.582	0.565	0.399	0.299
		○	○			○				0.641	0.598	0.758	0.323	0.503	0.159	0.185	0.104
		○		○		○				0.800	0.547	0.544	0.187	0.167	0.245	0.329	
		○			○	○				0.924	0.726	0.595	0.451	0.360	0.487	0.315	0.125
		○	○					○		0.885	0.734	0.519	0.320	0.358	0.410	0.410	0.371
		○		○				○		0.847	0.782	0.641	0.368	0.562	0.520	0.671	0.496
		○			○			○		0.905	0.841	0.781	0.563	0.542	0.590	0.591	0.399
		○	○						○	0.886	0.662	0.652	0.526	0.354	0.390	0.359	0.360
		○			○				○	0.908	0.794	0.831	0.689	0.567	0.490	0.432	0.306
		○		○					○	0.792	0.563	0.473	0.356	0.325	0.346	0.326	0.378
		○			○				○	0.875	0.691	0.650	0.299	0.270	0.547	0.394	0.382
	○			○				○	0.911	0.851	0.881	0.604	0.474	0.520	0.468	0.373	

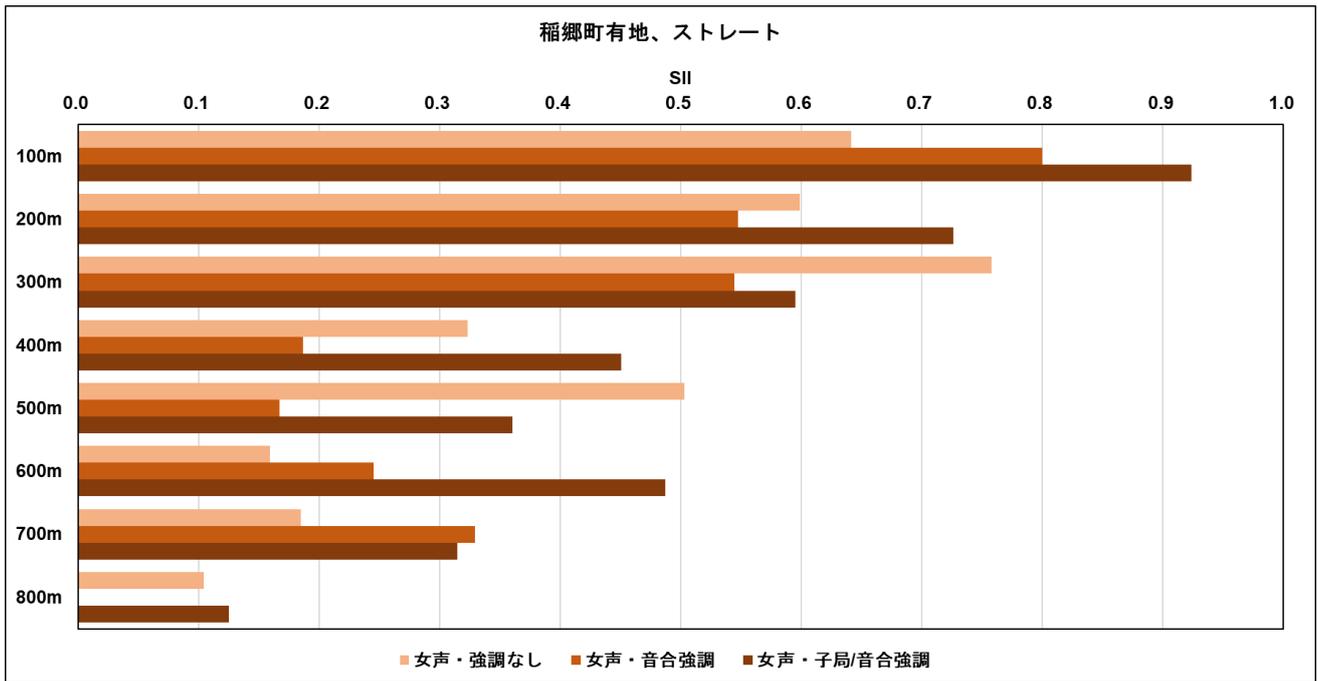


図 274 SII【稲郷町有地、女性、ストレートホーン】

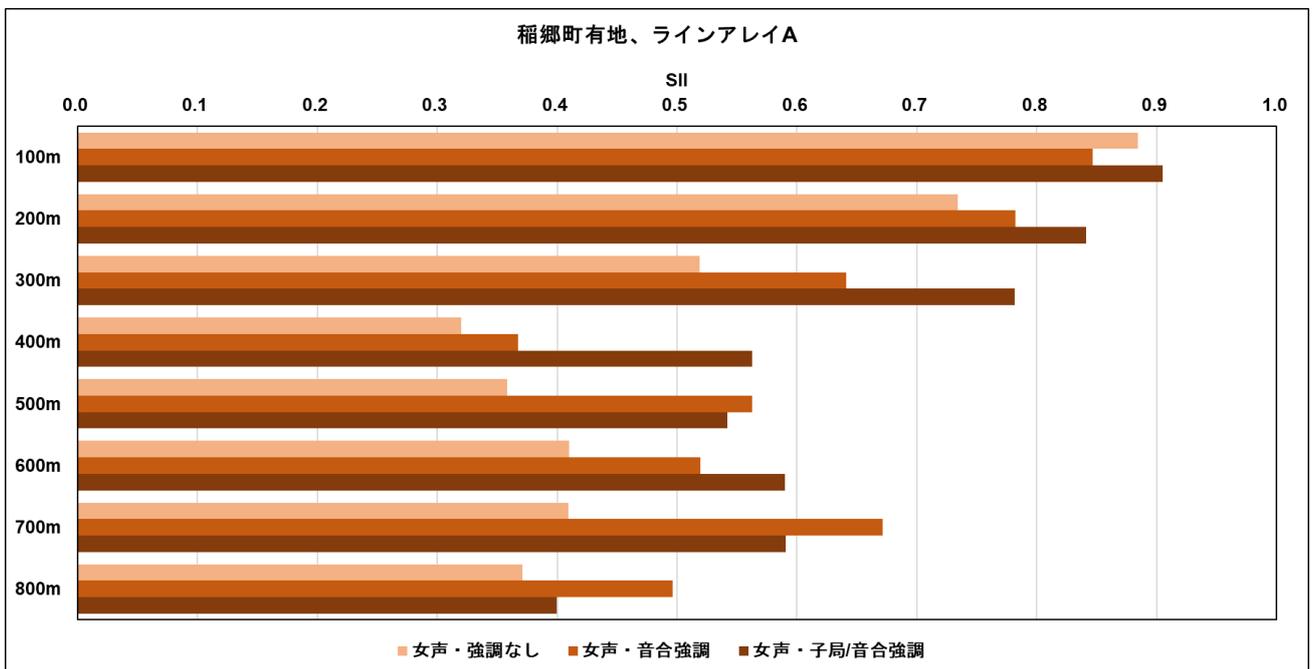


図 275 SII【稲郷町有地、女性、ラインアレイA】

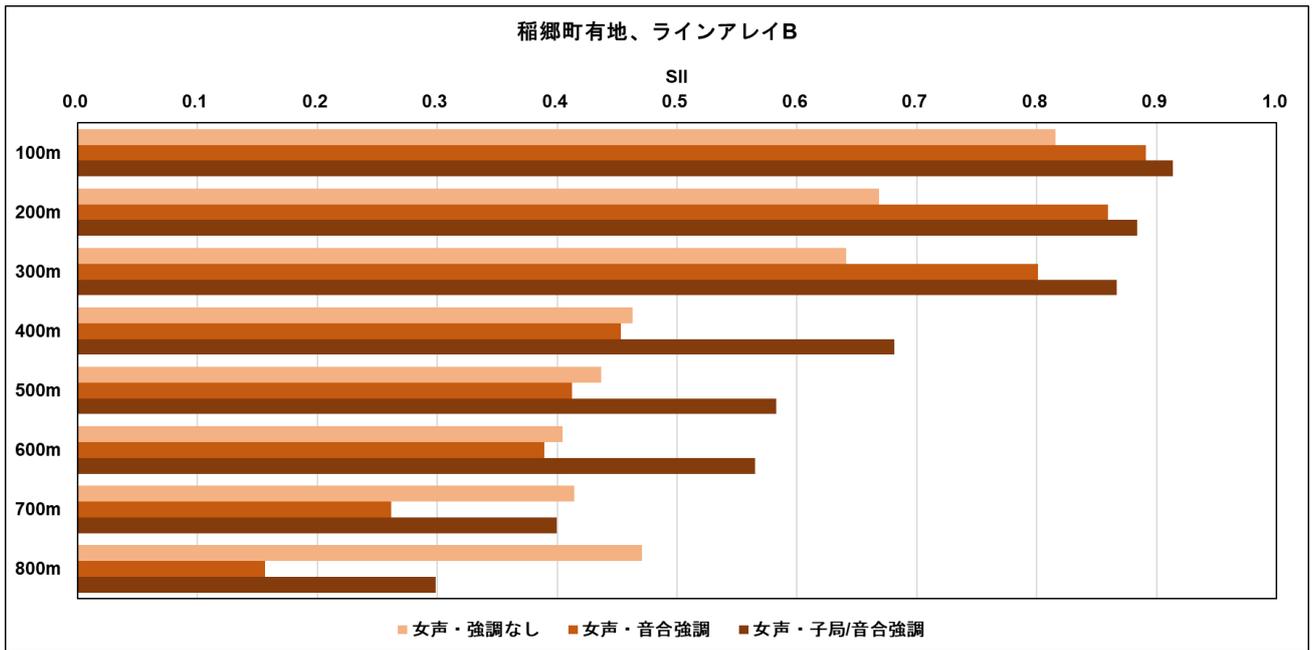


図 276 SII【稲郷町有地、女性、ラインアレイ B】

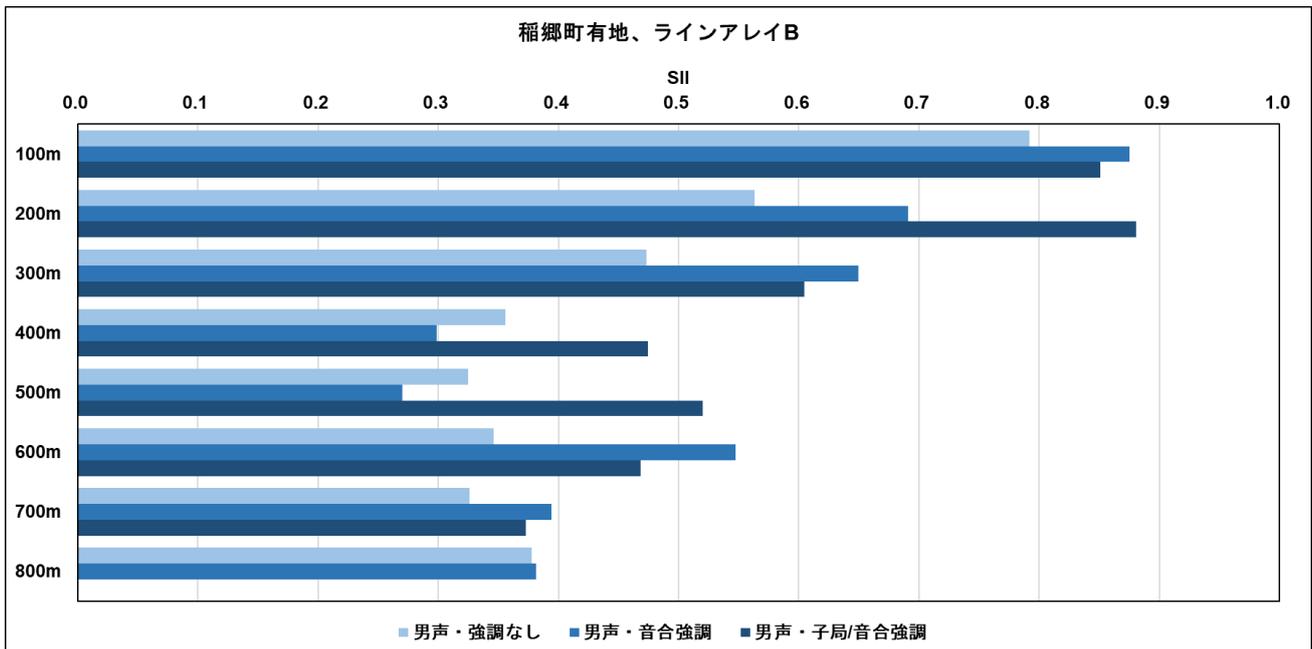


図 277 SII【稲郷町有地、男性、ラインアレイ B】

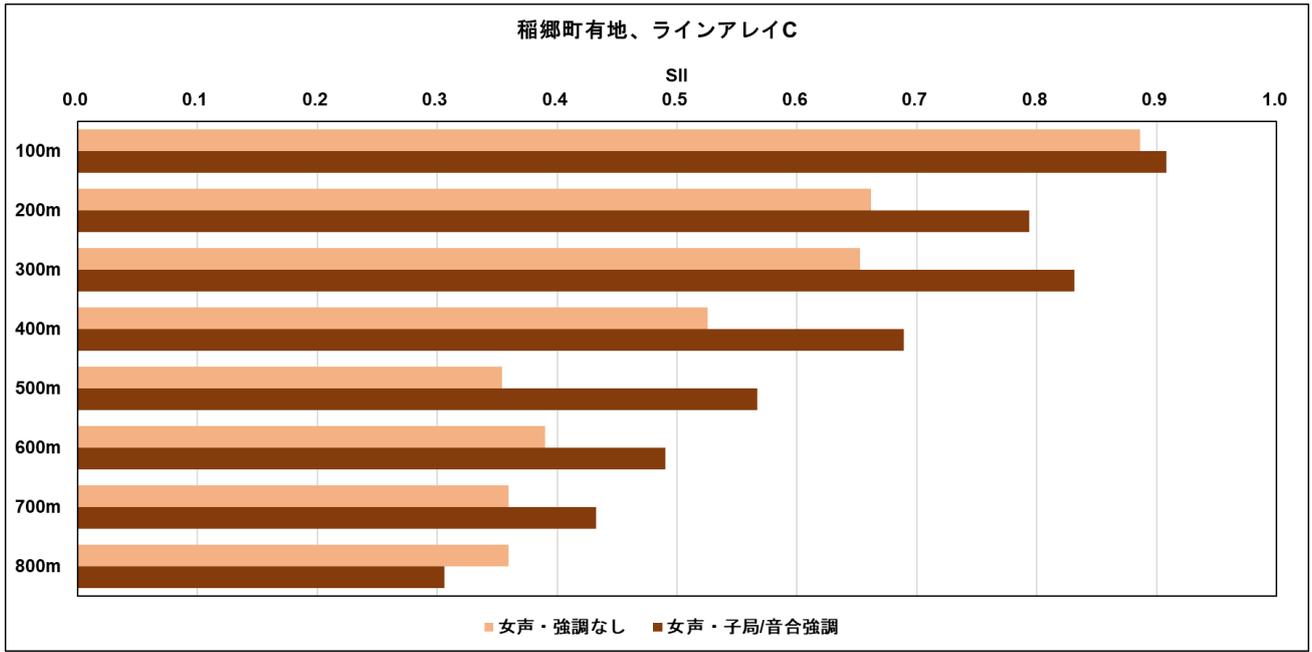


図 278 SII【稲郷町有地、女性、ラインアレイC】

### 2.3.5.2.3. 寄自然休養村の結果

300～400m付近で、改善施策を適用すると SII が低下している箇所がある。  
音が大きい場合は SII が低下することがあるが、今回は騒音計に録音された風等によるノイズの影響も考えられる。

表 51 放送音声からの SII 計算結果（寄自然休養村）

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				暗騒音のLAeq, dB									
	男性	女性	なし	音合 強調	子局/音合 強調	ストレート スピーカー	ライン アレイA	ライン アレイB	2方向	120m (屋外)	120m (屋内)	300m	400m	500m	600m	中間 300m	中間 400m	川沿い 400m	
寄自然 休養村		○	○				○			40.7	23.3	30.7	38.9	34.8	39.0	38.7		49.0	
		○		○			○			40.8	25.6	34.5	43.8	35.1	33.7	42.9		48.8	
		○			○		○			39.6	24.4	42.5	40.5	34.2	32.8	38.2		48.4	
		○	○			○				42.8	25.0	34.5	38.1	36.3	32.5	40.8		49.1	
		○			○	○				40.2	22.7	43.1	39.9	35.8	32.7	36.4		49.0	
		○	○					○		42.6	25.0	33.2	38.8	35.0	33.2	40.0		48.0	
		○			○			○		41.9	26.1	38.6	36.4	33.0	30.5	33.8		48.2	
		○		○				○		41.0	26.2	32.1	37.2	37.4	36.7	36.7		48.7	
		○			○			○		41.4	24.5	39.7	39.2	40.4	36.8	38.9		48.8	
		○			○		○	○		41.2	23.6	30.2	37.8	37.0	32.1	36.8			
		○			○	○	○		○	41.4	14.1	40.3	37.2	35.4	36.2	39.2	50.4	54.2	
		○			○	○	○		○	40.3	16.2	36.5	37.6	32.0	31.6	43.2	51.9	51.9	
		○			○	○	○		○	39.2	13.3	31.9	37.7	33.4	34.7	35.5	49.6	50.9	
		○			○			○	○	40.4	16.5	32.2	39.3	32.5	34.2	36.6	51.3	51.3	
	○			○			○	○	40.2	16.6	39.2	38.2	33.0	32.0	39.1	50.8	51.7		
試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				音声から算出したSII									
	男性	女性	なし	音合 強調	子局/音合 強調	ストレート スピーカー	ライン アレイA	ライン アレイB	2方向	120m (屋外)	120m (屋内)	300m	400m	500m	600m	中間 300m	中間 400m	川沿い 400m	
寄自然 休養村		○	○				○			0.692	0.570	0.721	0.627	0.490	0.509	0.602		0.193	
		○		○			○			0.711	0.509	0.668	0.484	0.506	0.620	0.570		0.084	
		○			○		○			0.871	0.713	0.511	0.702	0.618	0.659	0.794		0.291	
		○	○			○				0.281	0.262	0.486	0.638	0.246	0.411	0.341			
		○			○	○				0.412	0.385	0.362	0.564	0.348	0.519	0.552		0.091	
		○	○					○		0.619	0.587	0.720	0.637	0.404	0.738	0.609		0.371	
		○			○			○		0.697	0.541	0.704	0.848	0.510	0.656	0.875		0.312	
		○		○				○		0.562	0.359	0.614	0.608	0.213	0.251	0.499		0.150	
		○			○			○		0.686	0.601	0.364	0.366	0.335	0.352	0.676		0.250	
		○			○			○		0.758	0.692	0.818	0.780	0.328	0.751	0.761			
		○			○	○			○	0.708	0.294	0.403	0.756	0.370	0.401	0.522	0.216		
		○			○	○	○		○	0.871	0.475	0.755	0.871	0.690	0.761	0.653	0.524	0.096	
		○			○	○		○	○	0.846	0.440	0.817	0.886	0.685	0.651	0.835	0.493	0.268	
		○			○			○	○	0.883	0.543	0.851	0.822	0.561	0.637	0.811	0.704	0.172	
	○			○			○	○	0.910	0.671	0.512	0.829	0.606	0.705	0.847	0.444	0.274		

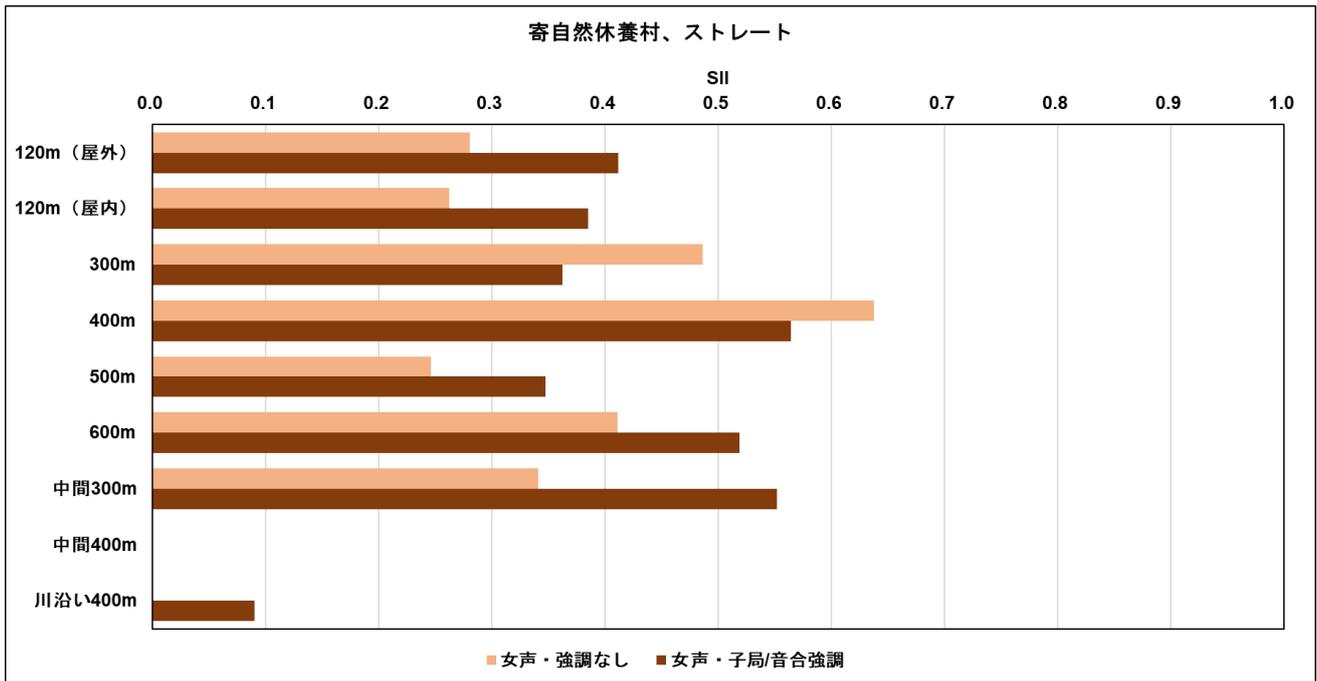


図 279 SII【寄自然休養村 1 方向、女性、ストレートホーン】

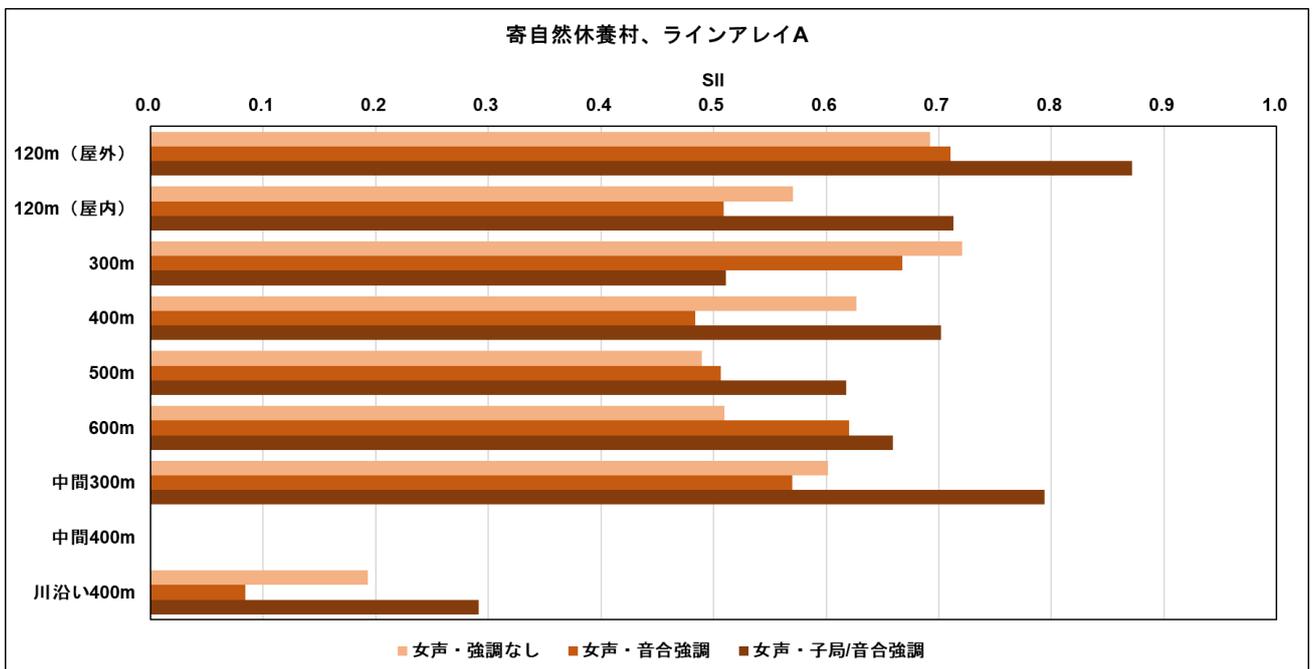


図 280 SII【寄自然休養村 1 方向、女性、ラインアレイ A】

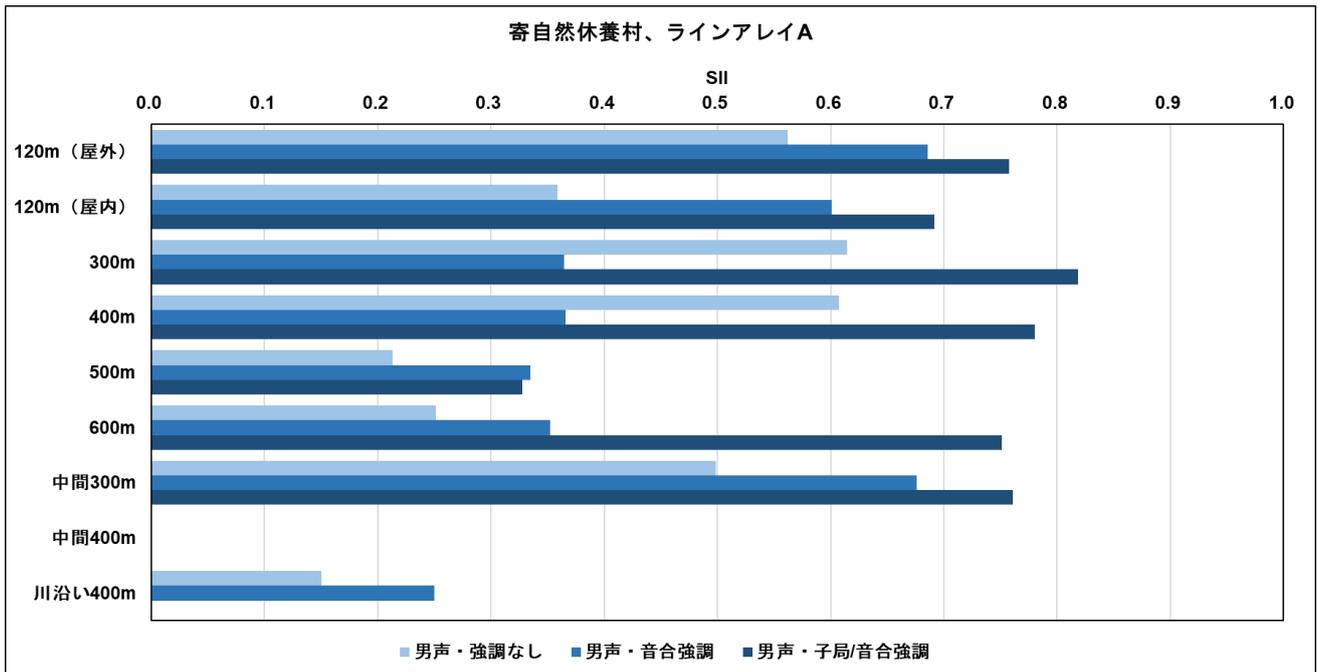


図 281 SII【寄自然休養村1方向、男性、ラインアレイA】

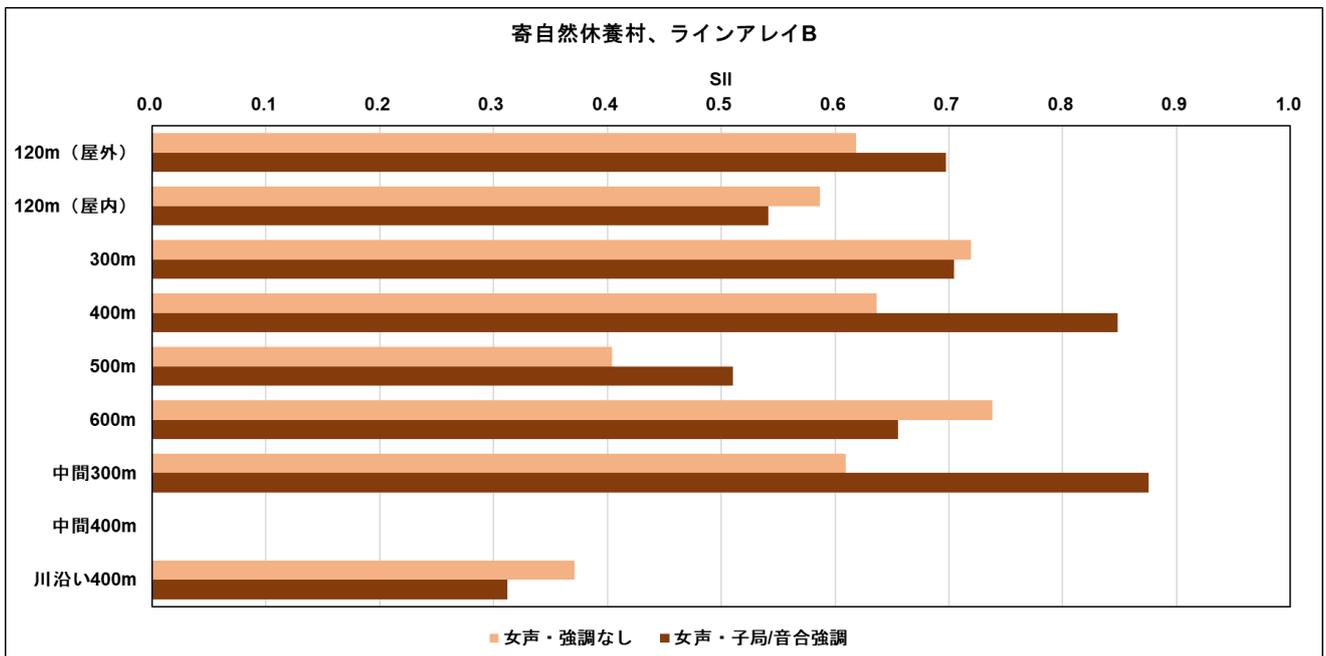


図 282 SII【寄自然休養村1方向、女性、ラインアレイB】

2方向の場合も、従来型スピーカー2つより、従来型スピーカー+高性能スピーカー、もしくは、高性能スピーカー+高性能スピーカーの組合せが了解度向上に効果的である。

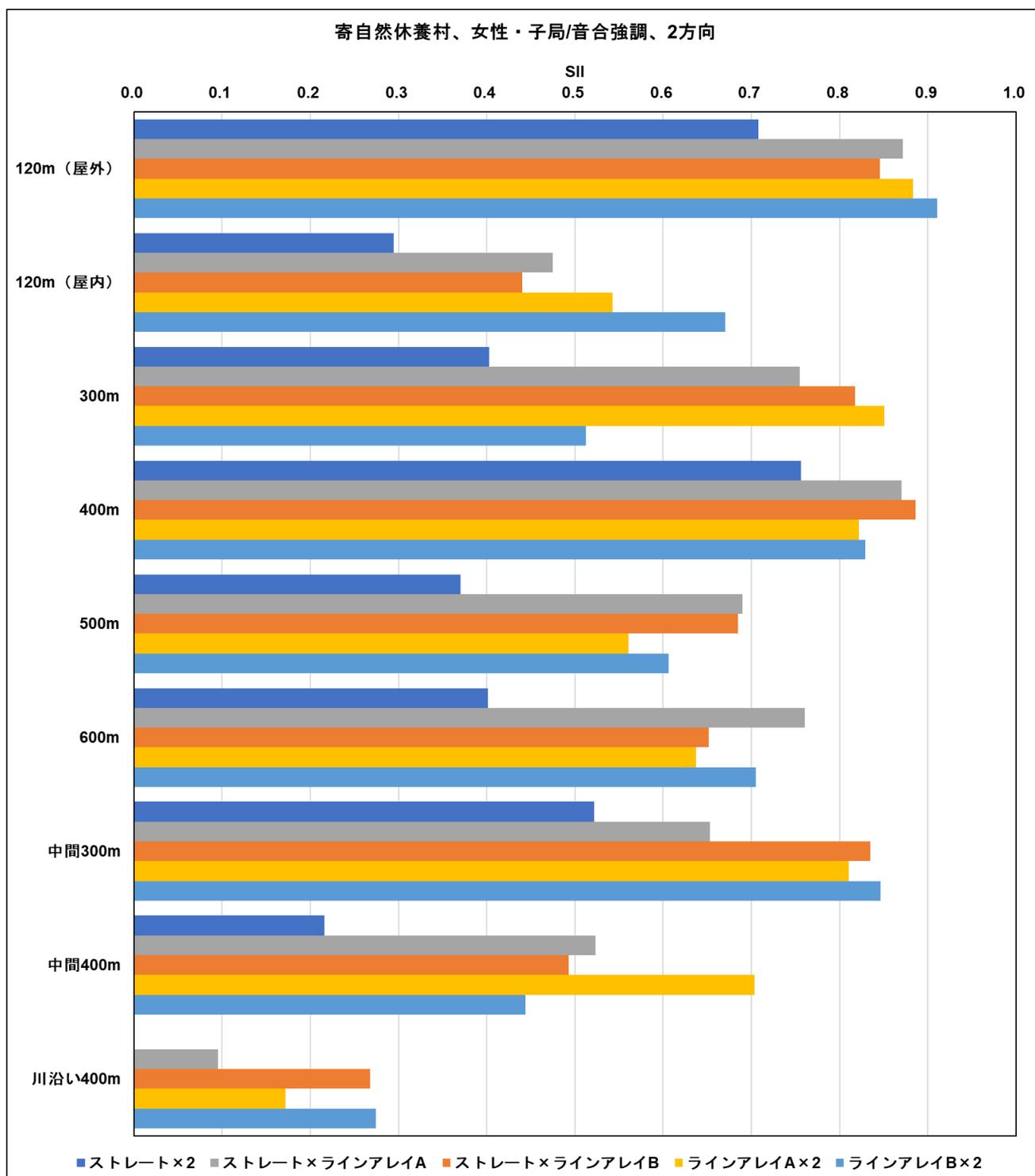


図 283 SII【寄自然休養村 2方向、女性】

### 2.3.5.2.4.SII と了解度の関係

各地点の SII と了解度の関係を表に示す。

表 52 SII と了解度の関係

試験場所	話者		音声改善		スピーカー種				音声から算出したSII							了解度							
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレート	ラインA	ラインB	ラインC	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m角度付	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m角度付
旧松田土木事務所(スプラボ)		○	○			○				0.924	0.572	0.232		0.491	0.197	0.218	5.0	4.8	2.5	3.3	1.6	3.0	2.0
		○		○		○				0.956	0.644	0.237		0.403	0.200	0.276	5.0	5.0	3.4	3.9	3.2	3.6	3.0
		○			○	○				0.945	0.787	0.620		0.646	0.588	0.388	5.0	5.0	4.3	4.1	4.3	4.6	4.0
		○	○					○		0.858	0.831	0.686		0.433	0.400	0.408	5.0	5.0	4.8	4.8	4.4	4.4	4.2
		○			○			○		0.953	0.911	0.698		0.815	0.434	0.734	4.3	5.0	4.9	5.0	4.7	4.9	4.6
		○	○				○			0.914	0.858	0.607		0.555	0.217	0.530	5.0	4.5	4.6	4.8	4.4	4.4	4.0
		○			○		○			0.945	0.891	0.664		0.826	0.803	0.516	4.0	5.0	5.0	5.0	4.6	4.8	4.0
		○	○						○	0.933	0.874	0.571		0.419	0.621	0.266	5.0	4.3	4.3	4.6	3.7	4.8	3.0
		○			○				○	0.944	0.876	0.675		0.868	0.829	0.201	4.3	5.0	5.0	5.0	4.7	4.8	4.2
		○	○			○				0.923	0.557	0.030				0.028	5.0	4.0	2.0	3.8	1.4	2.5	1.2
	○			○		○			0.948	0.583	0.294		0.189			5.0	4.0	2.9	4.3	2.0	1.5	1.0	
	○			○	○				0.953	0.680	0.225		0.247	0.404		5.0	4.8	4.1	4.8	3.6	3.4	1.0	

試験場所	話者		音声改善		スピーカー種				音声から算出したSII								了解度								
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレート	ラインA	ラインB	ラインC	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
稲郷町有地		○	○					○		0.815	0.668	0.641	0.463	0.437	0.405	0.414	0.471	5.0	5.0	4.3	3.9	4.4	4.1	4.5	3.8
		○		○				○		0.891	0.859	0.801	0.453	0.413	0.389	0.262	0.157	5.0	5.0	4.8	4.8	4.1	3.6	4.5	1.8
		○			○			○		0.913	0.883	0.867	0.681	0.582	0.565	0.399	0.299	5.0	5.0	4.8	5.0	4.9	5.0	5.0	4.0
		○	○			○				0.641	0.598	0.758	0.323	0.503	0.159	0.185	0.104	4.7	5.0	3.8	4.0	3.9	3.4	3.8	2.0
		○			○	○				0.800	0.547	0.544	0.187	0.167	0.245	0.329		5.0	4.8	4.0	3.8	3.1	3.3	4.0	1.3
		○			○	○				0.924	0.726	0.595	0.451	0.360	0.487	0.315	0.125	5.0	5.0	4.3	4.8	4.5	4.3	4.5	2.8
		○	○				○			0.885	0.734	0.519	0.320	0.358	0.410	0.410	0.371	5.0	4.8	4.5	3.6	4.3	4.3	5.0	4.3
		○			○		○			0.847	0.782	0.641	0.368	0.562	0.520	0.671	0.496	5.0	5.0	4.8	4.6	4.9	5.0	5.0	4.8
		○	○			○		○		0.905	0.841	0.781	0.563	0.542	0.590	0.591	0.399	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
		○	○						○	0.886	0.662	0.652	0.526	0.354	0.390	0.359	0.360	5.0	5.0	4.5	4.8	4.4	4.3	4.3	3.5
	○			○				○	0.908	0.794	0.831	0.689	0.567	0.490	0.432	0.306	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	4.8	5.0	3.0	
	○	○						○	0.792	0.563	0.473	0.356	0.325	0.346	0.326	0.378	5.0	5.0	3.8	3.1	3.1	3.3	3.8	2.5	
	○			○				○	0.875	0.691	0.650	0.299	0.270	0.547	0.394	0.382	5.0	5.0	4.8	2.9	3.8	4.1	4.8	4.5	
	○			○				○	0.911	0.851	0.881	0.604	0.474	0.520	0.468	0.373	5.0	5.0	4.8	4.9	4.5	4.6	5.0	4.5	

試験場所	話者		音声改善		スピーカー種				音声から算出したSII										了解度								
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレート	ラインA	ラインB	2方向	120m屋外	120m屋内	300m	400m	500m	600m	中間300m	中間400m	川沿い400m	120m屋外	120m屋内	300m	400m	500m	600m	中間300m	中間400m	川沿い400m
寄自然休養村		○	○				○			0.692	0.570	0.721	0.627	0.490	0.509	0.602		0.193	4.7	4.0	5.0	4.5	3.3	2.6	5.0		4.5
		○		○			○			0.711	0.509	0.668	0.484	0.506	0.620	0.570		0.084	4.7	4.3	5.0	4.9	4.4	4.1	5.0		3.5
		○			○		○			0.871	0.713	0.511	0.702	0.618	0.659	0.794		0.291	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	4.1	5.0		4.3
		○	○			○				0.281	0.262	0.486	0.638	0.246	0.411	0.341			4.0	3.5	4.5	4.0	4.0	4.0	4.8		1.8
		○			○	○				0.412	0.385	0.362	0.564	0.348	0.519	0.552		0.091	4.3	3.3	3.5	4.6	3.9	3.6	5.0		2.5
		○	○					○		0.619	0.587	0.720	0.637	0.404	0.738	0.609		0.371	4.7	4.8	5.0	4.8	4.6	4.8	4.8		4.5
		○			○			○		0.697	0.541	0.704	0.848	0.510	0.656	0.875		0.312	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	5.0		4.8
		○			○		○			0.562	0.359	0.614	0.608	0.213	0.251	0.499		0.150	4.7	3.8	4.8	4.0	2.5	2.9	4.8		2.8
		○			○		○			0.686	0.601	0.364	0.366	0.335	0.352	0.676		0.250	4.7	4.0	4.8	3.9	3.1	3.1	5.0		3.5
		○			○		○			0.758	0.692	0.818	0.780	0.328	0.751	0.761			5.0	4.0	5.0	4.9	4.1	4.3	5.0		2.8
		○			○	○			○	0.708	0.294	0.403	0.756	0.370	0.401	0.522	0.216		5.0	4.8	4.8	4.8	4.3	4.3	4.8	3.5	2.0
		○			○	○	○		○	0.871	0.475	0.755	0.871	0.690	0.761	0.653	0.524	0.096	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8
		○			○	○		○	○	0.846	0.440	0.817	0.886	0.685	0.651	0.835	0.493	0.268	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	4.8	4.8
	○			○		○		○	0.883	0.543	0.851	0.822	0.561	0.637	0.811	0.704	0.172	5.0	5.0	5.0	4.8	4.9	4.5	5.0	5.0	4.5	
	○			○		○		○	0.910	0.671	0.512	0.829	0.606	0.705	0.847	0.444	0.274	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	4.5	

3 地点の全スピーカー、全測定点のデータから得られた、SII と了解度の関係をグラフに示す。SII が高くなるにつれて了解度も高くなり、SII が 0.5 付近から了解度は飽和（上限に達する）するという結果が得られた。

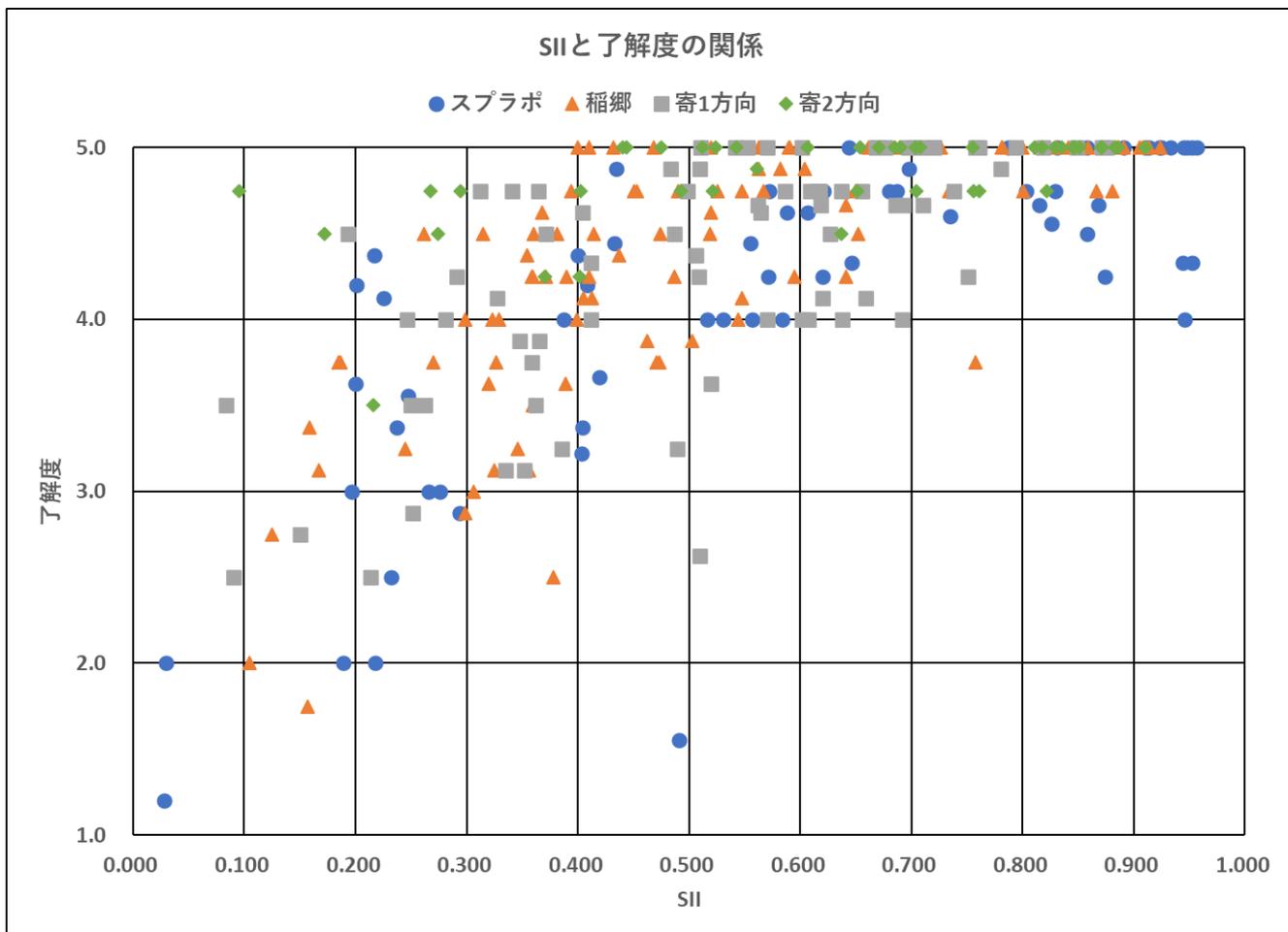


図 284 SII と了解度の関係

また従来型スピーカーと高性能スピーカーに分けて SII と了解度の関係をグラフに示す。高性能スピーカーは従来型に比べ、図中のプロットが右上に偏っており、SII も了解度も優れていることが分かる。

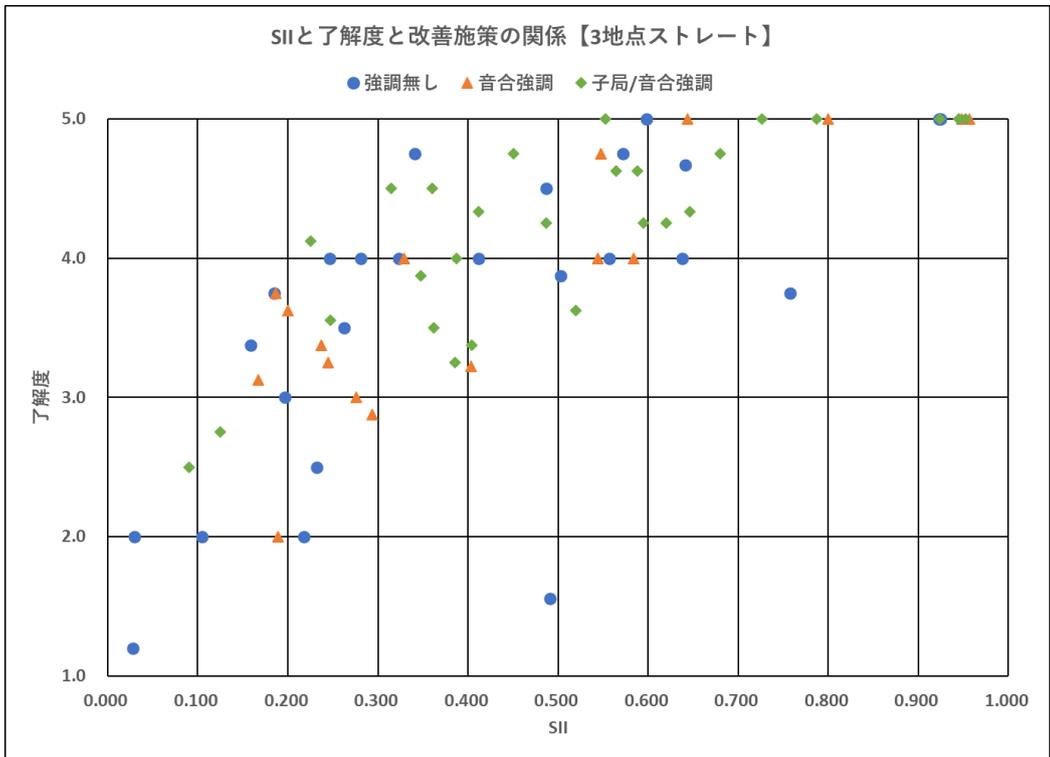


図 285 SII と了解度と改善施策の関係【ストレートホーン】

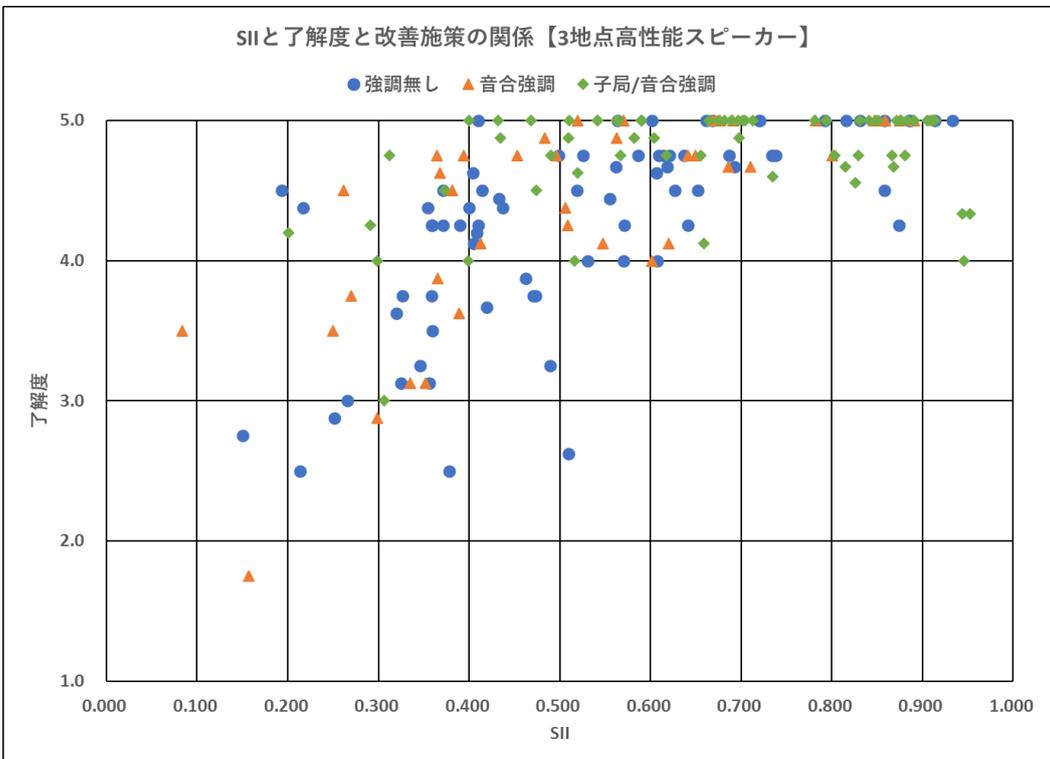


図 286 SII と了解度と改善施策の関係【高性能スピーカー】



### 2.3.5.2.5.2. 稲郷町有地

スプラポと同様の傾向であるが、他所より比較的ばらつきが少ない結果となっている。スピーカーから測定点までの間の障害物が少ないことが影響している可能性がある。

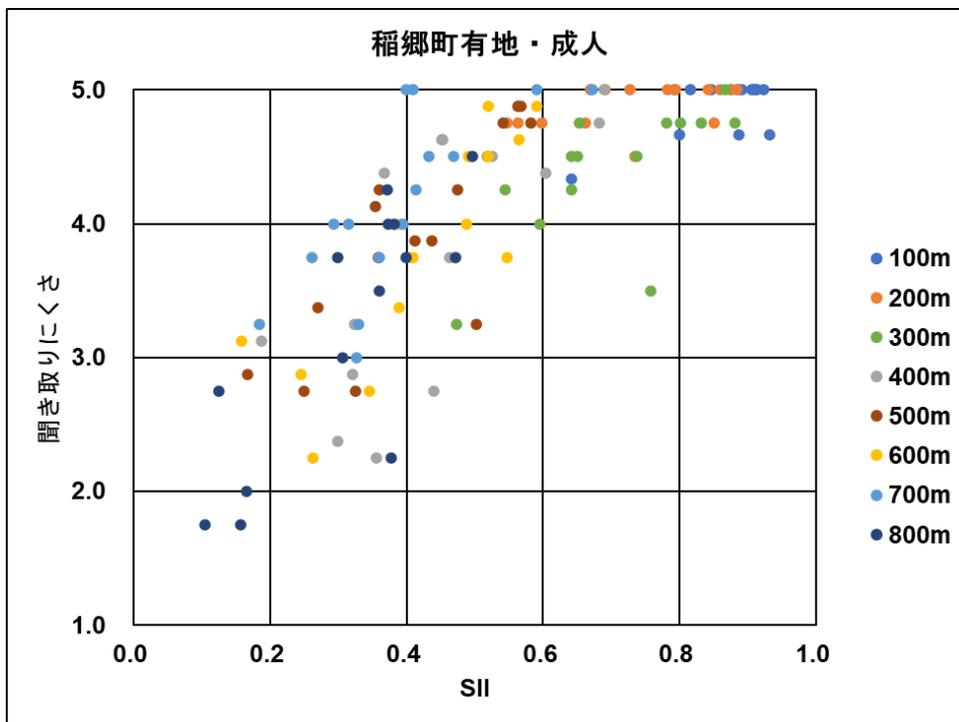


図 289 SII と聞き取りにくさの関係【稲郷町有地、成人】

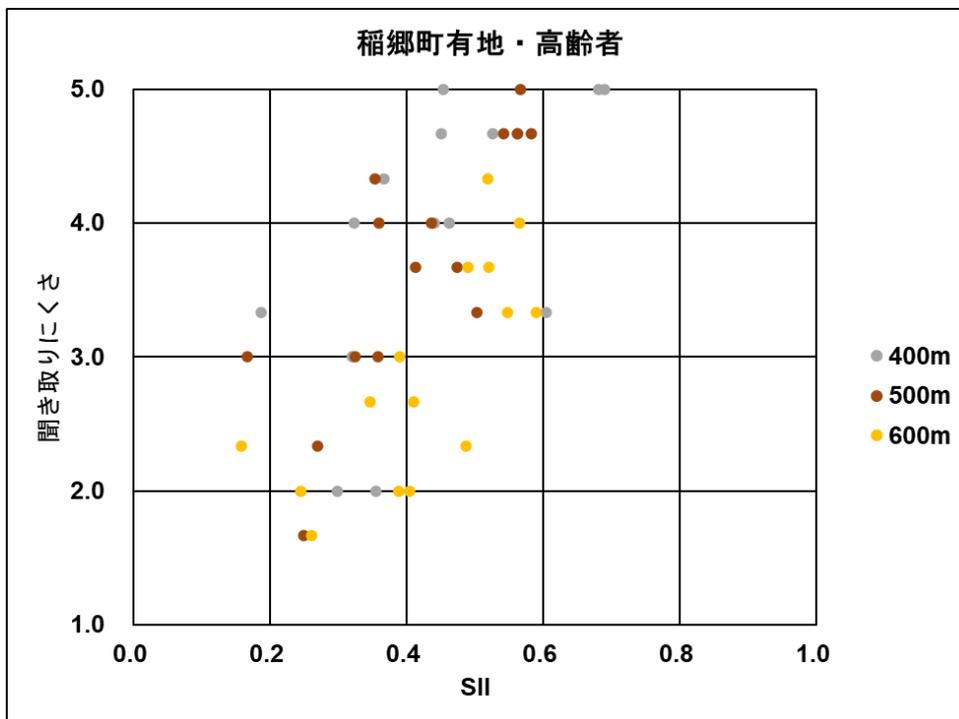


図 290 SII と聞き取りにくさの関係【稲郷町有地、高齢者】

### 2.3.5.2.5.3. 寄自然休養村

集会場内（屋内）は同じ SII 値であっても、他の場所と比べて聞き取りにくさの数值が悪かった（数值が低い）。SII は S/N 比に関連した評価指標であり、音量が低くなることによる聞き取りにくさの悪化については S/N が同一の場合、評価できないと思われる。

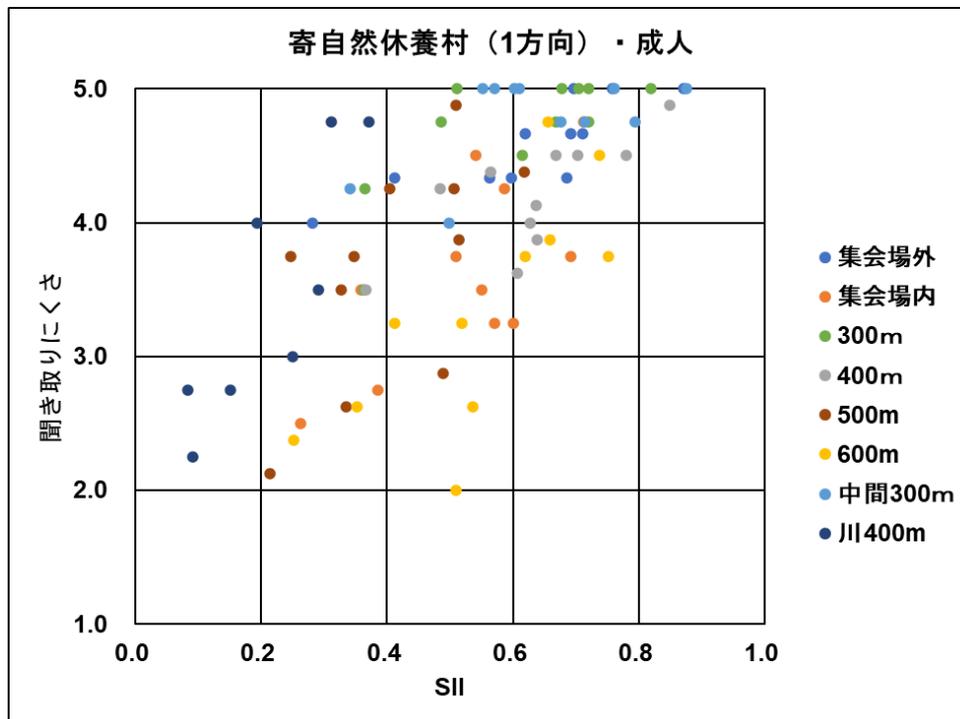


図 291 SII と聞き取りにくさの関係【寄自然休養村 1 方向、成人】

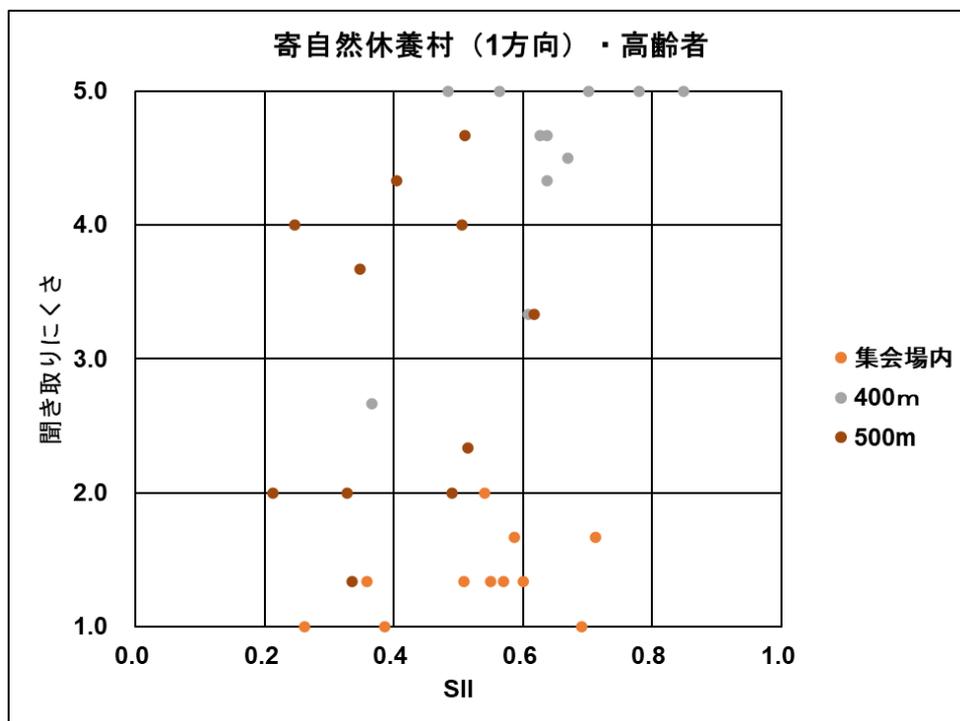


図 292 SII と聞き取りにくさの関係【寄自然休養村 1 方向、高齢者】

2方向での結果についてはSIIの値によらず、聞き取りにくさは、あまり高くない（＝聞き取りやすい）という結果だった。2方向で加算され音量が大きかったこと、評価者に慣れが発生したこと、あるいは突発的ノイズによるSII値の低下等の要因が考えられる。

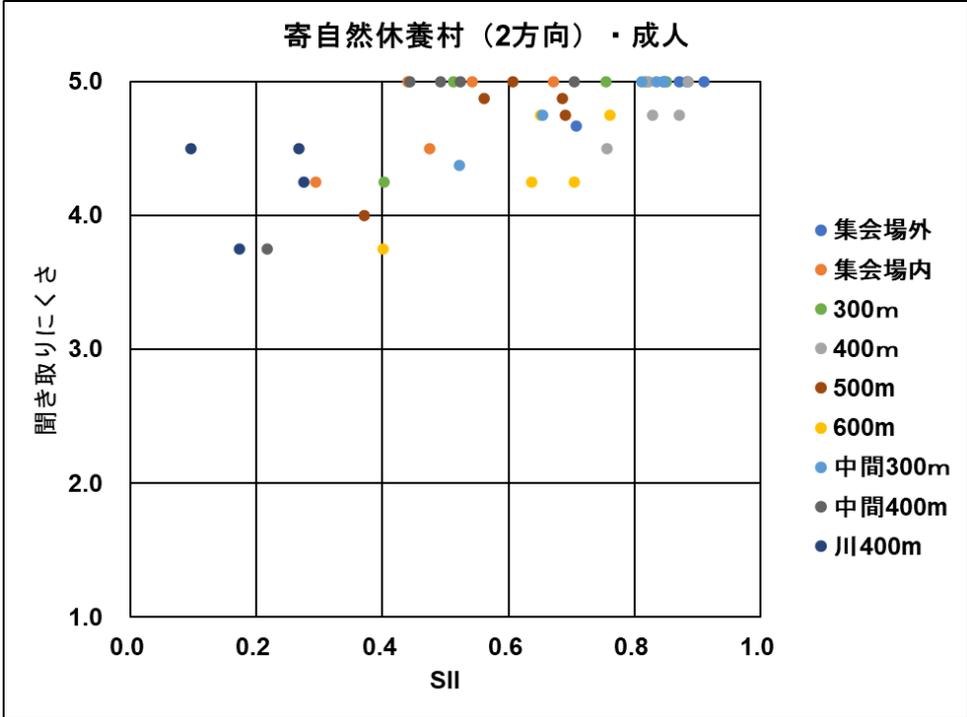


図 293 SII と聞き取りにくさの関係【寄自然休養村2方向、成人】

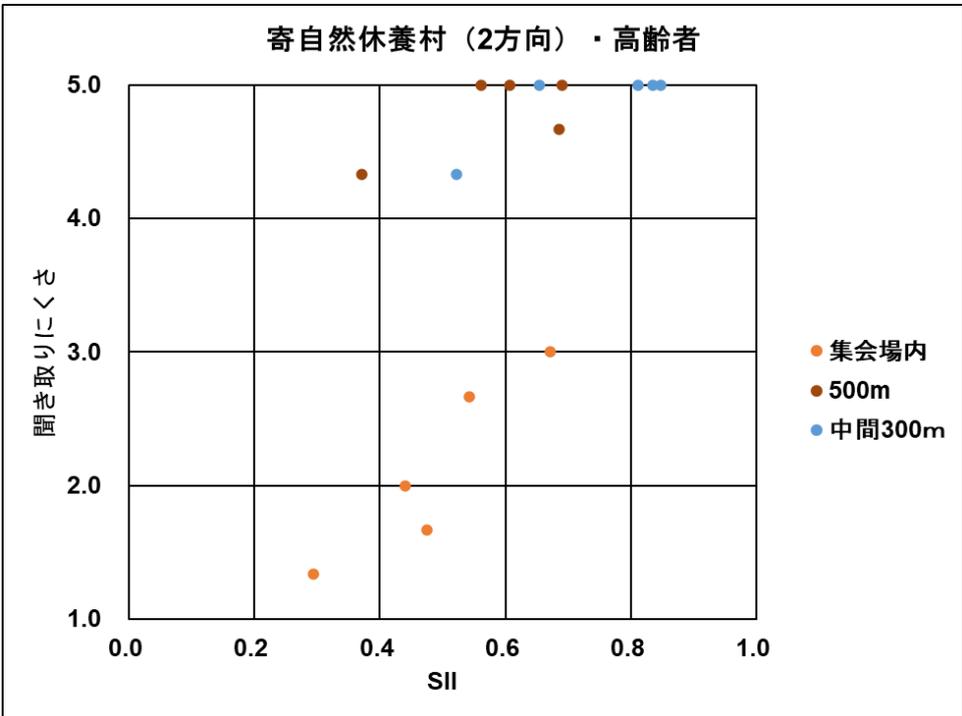


図 294 SII と聞き取りにくさの関係【寄自然休養村2方向、高齢者】

### 2.3.6. 実験の様子



スプラポ鳴動地点



スプラポ子局設備



スプラポ 300m 聴取地点



スプラポ 600m 聴取地点



稲郷町有地鳴動地点



稲郷町有地各評価地点の様子

図 295 実験の様子①



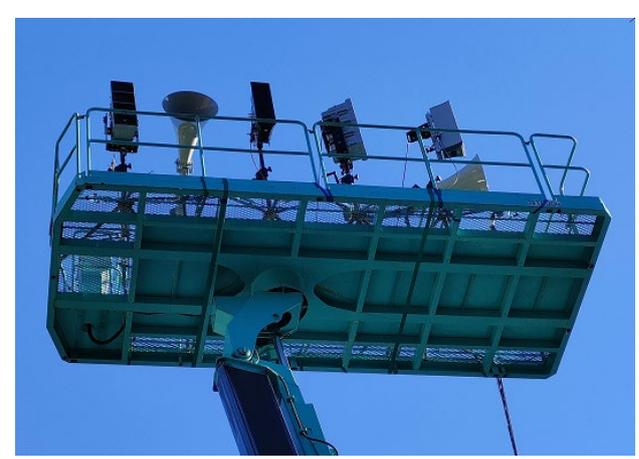
稲郷町有地 600m 聴取地点



稲郷町有地 800m 聴取地点



寄自然休養村鳴動地点



寄自然休養村スピーカー配置  
(1方向、2方向)



寄自然休養村 500m 聴取地点



寄自然休養村 集会場聴取地点

図 296 実験の様子②

## 2.4. 机上検討詳細

### 2.4.1. 音達バルーンの机上検討

音達バルーンの机上検討については、下記の2条件で実施した。

【検討①】 改善施策により音達範囲が広がることを示す。

【検討②】 暗騒音が大きい場合に、暗騒音の影響で狭くなった音達範囲が、改善施策により、暗騒音が無い場合の音達範囲に近づくことを示す。

#### 2.4.1.1. 検討①

##### 2.4.1.1.1. 検討内容

音達バルーンは、JIS C5504(ホーンスピーカーの試験基準)の測定結果から生成され、周波数毎に均一なスピーカー定格入力試験信号を用いた理想的条件で描かれ、スピーカーから放送される音の音圧が規定の音圧 (dB) になる距離を線で結んだ等音圧範囲を示した図である。その形状が風船のように膨らむ形となるため、音達バルーンと呼ばれている。

スピーカーメーカーでは設計の際に、音達バルーンを参考に音達範囲を計算している。通常は距離による減衰を考慮し、理想的な環境を想定して計算された音達バルーンより約30%小さな音達バルーンが、スピーカーの推奨設計に用いられる音達バルーンとなる。

音達バルーンは、音圧を基準として描かれるため、周波数強調による聴感上の聞こえ方を改善した改善施策の効果を表現できない。そこで、今回の実験では、SII値を基準とした「了解度バルーン」を新たに導入する。音達バルーンと相互関係を保つため、設計推奨の音達バルーン沿面のSIIを算出(①)し、了解度改善施策実施により、①と同じSII値をとるバルーン沿面が拡張されるか(②)を検討する。今回はスピーカー出力30Wで試算した。

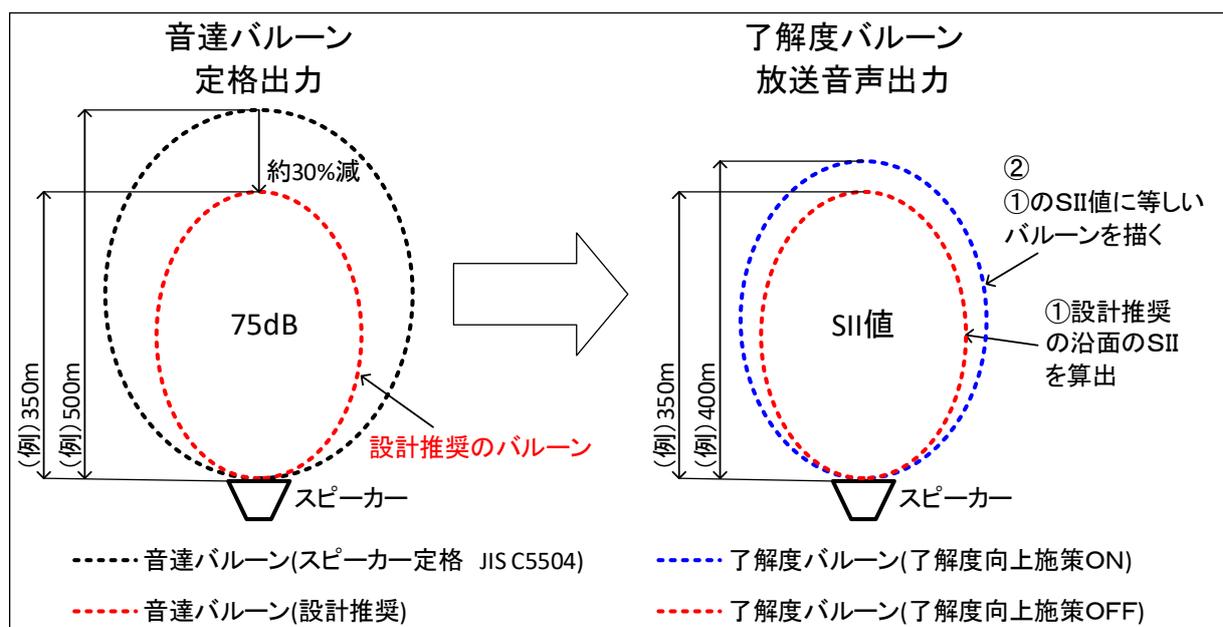


図 297 音達バルーンの机上検討イメージ

### 2.4.1.1.2.検討方法

スピーカーの JIS C5504 の指向性データから音圧が 75dB となる距離を算出し、その 7 割となる距離でバルーンを描く。(了解度改善施策前)

その後、上記の距離における SII 値を算出し、同一の SII 値となる音声改善施策(子局強調)後の聴取点距離を算出し、バルーンを描く。(了解度改善施策後)

なお、SII 値の算出には、周囲雑音、気温、湿度が必要となるため、周囲雑音としては都市雑音として代表的に使用されるブラウニアンノイズ(50dB)を、気温と湿度は高音の減衰量が大きい冬場(東京都の1月の過去5年の平均気温と湿度)を採用する。

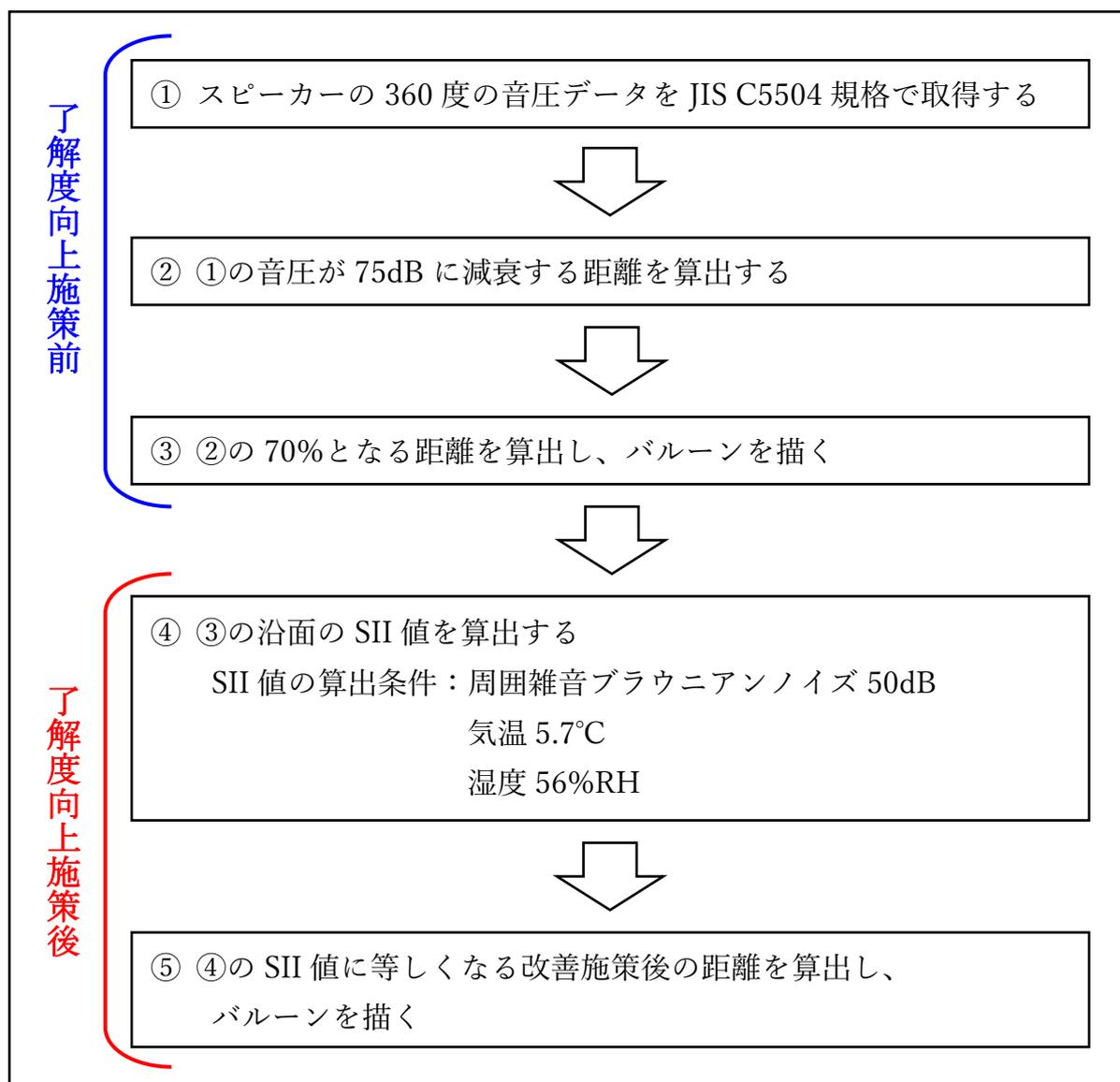


図 298 了解度バルーンの計算手順

### 2.4.1.1.3. 検討結果

従来型スピーカーと高性能スピーカーの2種について了解度改善施策前後のバルーン計算例を示す。

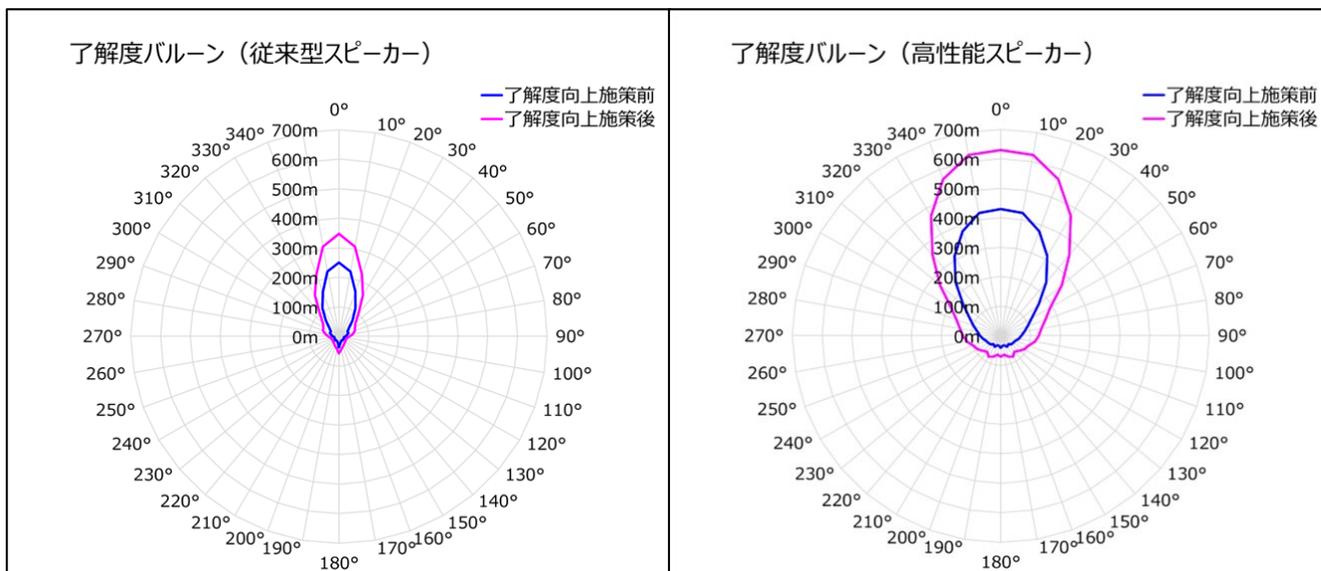


図 299 了解度バルーンの計算例

了解度バルーンの改善施策適用前後の面積と正面方向の距離の概算を下表に示す。下記の数値は、従来型及び高性能型それぞれについて、複数種スピーカーでの計算結果の平均値を記載している。※個別のスピーカー特性は各社の秘密情報のため

表 53 改善施策による了解度バルーン拡張

No.	スピーカー種	改善施策前 正面方向距離 (m)	改善施策後 正面方向距離 (m)	拡大率
1	従来型平均	247	335	1.4
2	高性能平均	539	757	1.4
No.	スピーカー種	改善施策前 バルーン面積 (m <sup>2</sup> )	改善施策後 バルーン面積 (m <sup>2</sup> )	拡大率
1	従来型平均	24,462	49,488	2.0
2	高性能平均	146,747	311,482	2.1

## 2.4.1.2. 検討②

### 2.4.1.2.1. 検討内容

音達バルーンは、スピーカーの音圧だけで規定されており、周囲雑音は考慮されていない。降雨等により周囲雑音が大きいときは、実際の音達範囲は小さくなるが、どれくらい小さくなるのかは不明である。

ここでは、周囲雑音を考慮する SII を計算することで、周囲雑音が大きいとき（ノイズ環境下）の音達範囲の縮小を了解度バルーンにより推定する。その後、了解度改善施策による音達範囲（了解度バルーン）の回復率を計算する。

### 2.4.1.2.2. 検討方法

検討①と同様に、スピーカーの JIS C5504 の指向性データから音圧が 75dB となる距離を算出し、その 7 割となる距離でバルーンを描く。（音達バルーン了解度向上施策前）その後、周囲雑音として、ブラウニアンノイズ(60dB)環境下における SII 値=0.6 となる聴取点距離を了解度改善施策（子局強調）前後で算出し、バルーンを描く。（了解度バルーン了解度改善施策前・後）

なお、SII 値の算出に用いる気温と湿度は高音の減衰量が高い冬場の温度、湿度（東京都の 1 月の過去 5 年の平均気温と湿度）を採用する。

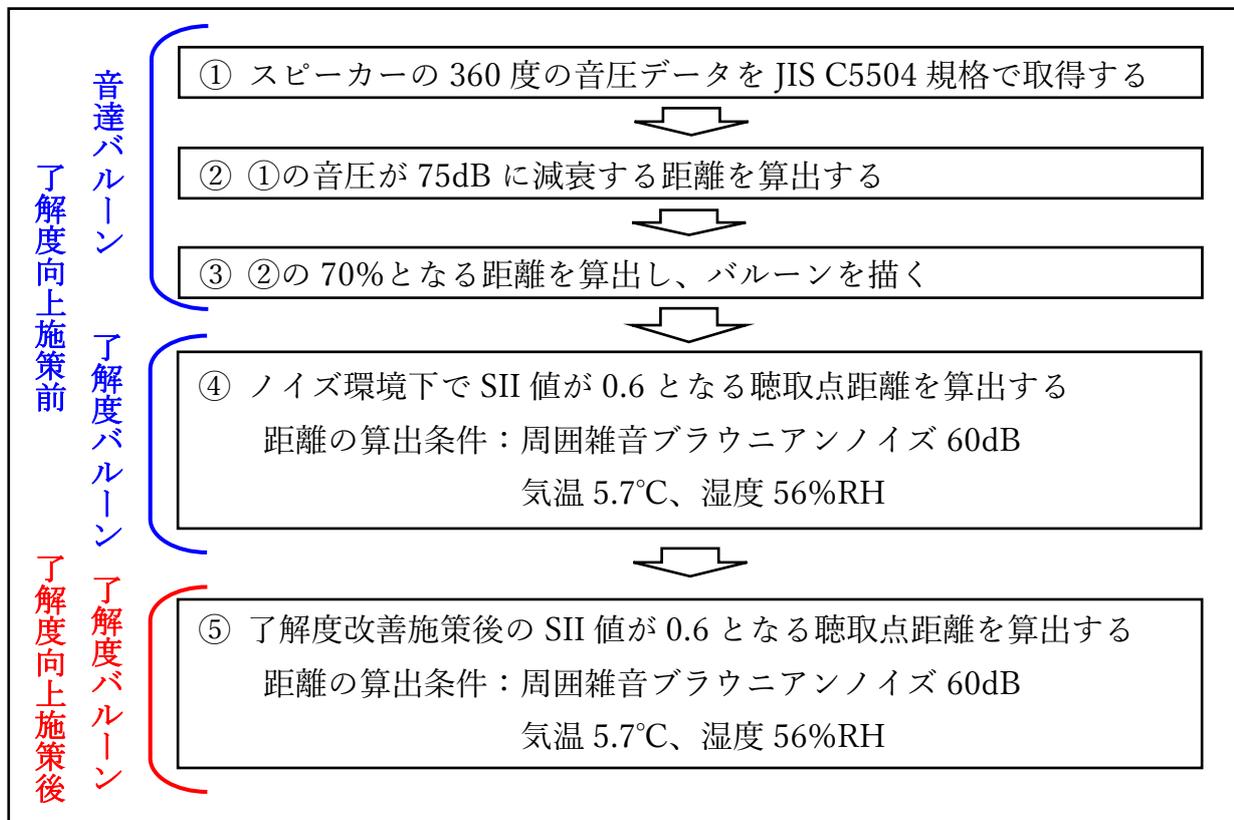


図 300 ノイズ環境下の了解度バルーンの計算手順

### 2.4.1.2.3. 検討結果

従来型スピーカーと高性能スピーカーの2種について、音達バルーンとノイズ環境下における了解度改善施策前後の了解度バルーンの計算例を下記に示す。

ノイズ環境下では了解度バルーンは小さくなるが、改善施策を適用することで、通常暗騒音（50dB）の状態に近づく。

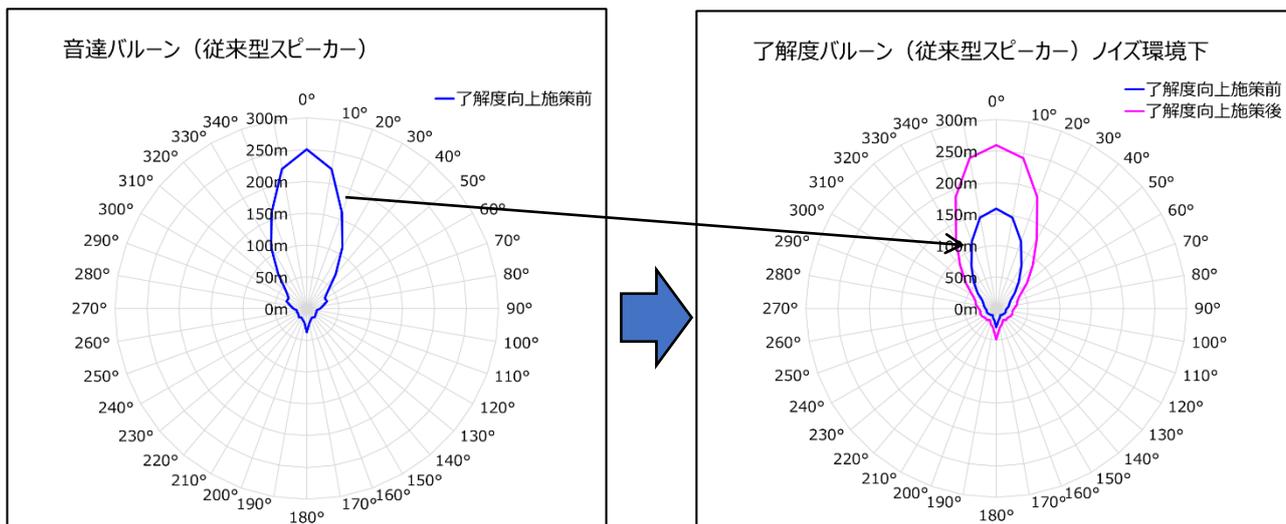


図 301 従来型スピーカーの音達バルーンとノイズ環境下の了解度バルーン計算例

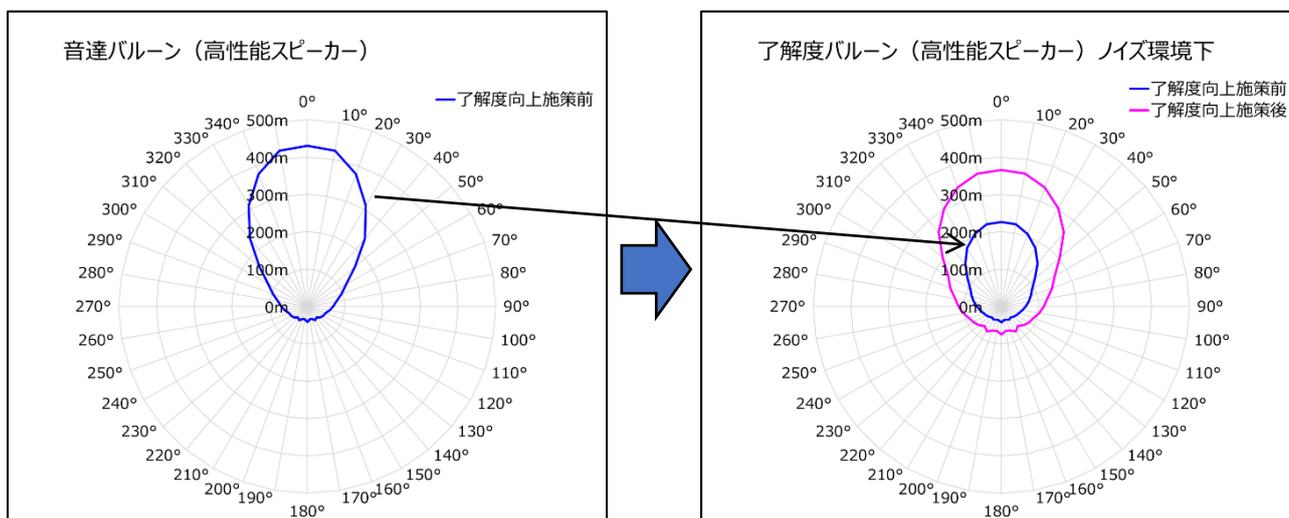


図 302 高性能スピーカーの音達バルーンとノイズ環境下の了解度バルーン計算例

検討②での試作のバルーンの正面方向の距離と面積を下記に示す。

下記の数値は、従来型及び高性能型それぞれについて、複数種スピーカーでの計算結果の平均値を示したものである。

表 54 改善施策によるノイズ環境下の了解度バルーン回復率

		音達バルーン	ノイズ環境下の了解度バルーン		
No.	スピーカー種	了解度向上 施策前 正面方向距離 Ⓐ	了解度向上 施策前 正面方向距離	了解度向上 施策後 正面方向距離 Ⓑ	回復率 Ⓑ/Ⓐ
1	従来型平均	250m	159m	259m	1.0
2	高性能平均	430m	226m	365m	0.9
No.	スピーカー種	了解度向上 施策前 バルーン面積 Ⓒ	了解度向上 施策前 バルーン面積	了解度向上 施策後 バルーン面積 Ⓓ	回復率 Ⓓ/Ⓒ
1	従来型平均	22,072m <sup>2</sup>	10,403m <sup>2</sup>	28,104m <sup>2</sup>	1.3
2	高性能平均	110,473m <sup>2</sup>	39,358m <sup>2</sup>	110,587m <sup>2</sup>	1.0

### 2.4.1.3. SII 値と了解度バルーンの関係について

了解度バルーンを描く際の SII 値と了解度バルーンの関係について試算した。前述の了解度向上施策前の了解度バルーンは SII=0.6 で描いたものである。SII の値 0.5 と 0.7 のときを追加した図を示す。SII の要求値を高くするとエリアが狭くなる。また SII の値 0.1 の違いにより、0 度方向で約 20~30%距離が増減するという結果が得られた。

このことから、SII が 0.1 改善すると距離にして 20~30%の変化が予想されるが、SII がある程度大きくなると了解度が頭打ちになり、また音量が小さい場合は SII が良くても了解度が低下する等の要因もあり、定量的に何%延びると説明することは難しい。

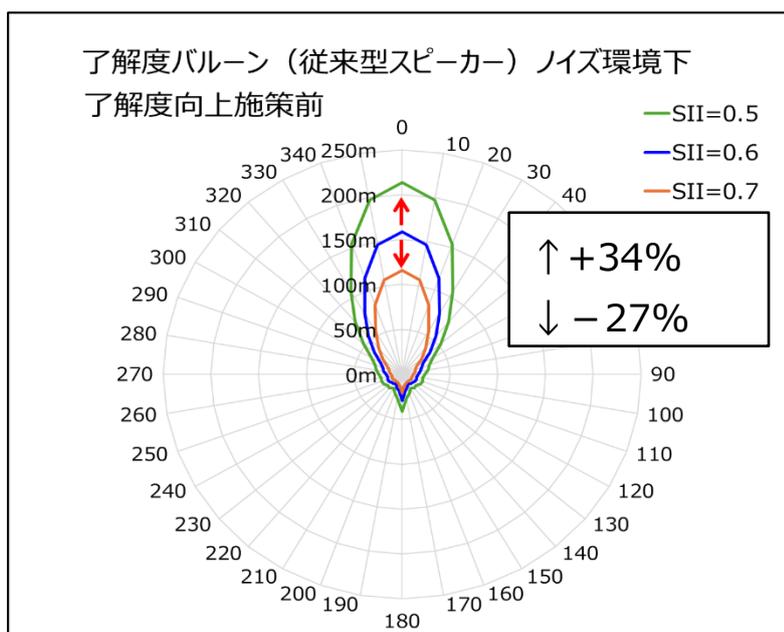


図 303 従来型スピーカーの SII と了解度バルーンの関係

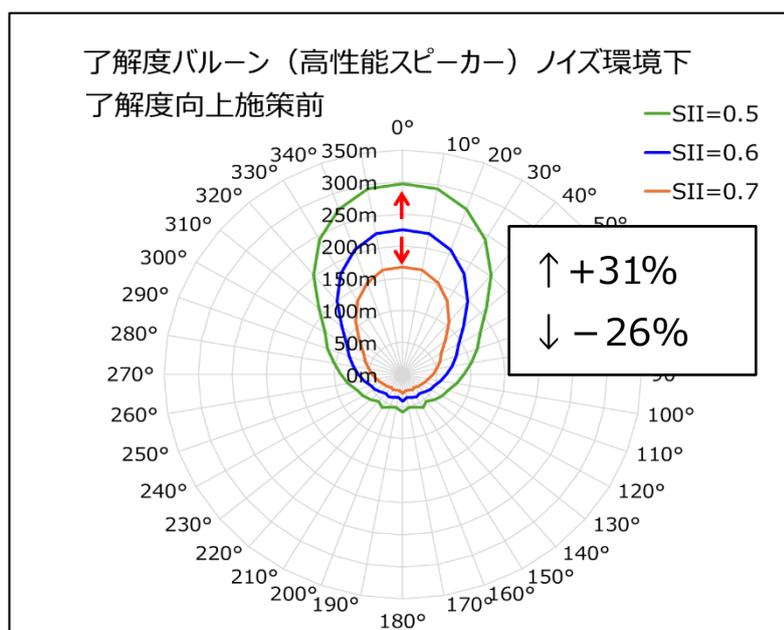


図 304 高性能スピーカーの SII と了解度バルーンの関係

## 2.4.2. 気象条件の机上検討

気象条件の検討にあたって、東京都の1月と8月の過去5年間の気温と湿度の平均値でシミュレーションを行った。

【東京都の過去5年(2019年～2023年)】

1月の平均気温は5.7度、平均相対湿度は56%

8月の平均気温は28.3度、平均相対湿度は78.6%

表 55 東京都の過去5年の平均気温

東京(東京都) 日平均気温の月平均値(°C)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年の値
2019	5.6	7.2	10.6	13.6	20.0	21.8	24.1	28.4	25.1	19.4	13.1	8.5	16.5
2020	7.1	8.3	10.7	12.8	19.5	23.2	24.3	29.1	24.2	17.5	14.0	7.7	16.5
2021	5.4	8.5	12.8	15.1	19.6	22.7	25.9	27.4	22.3	18.2	13.7	7.9	16.6
2022	4.9	5.2	10.9	15.3	18.8	23.0	27.4	27.5	24.4	17.2	14.5	7.5	16.4
2023	5.7	7.3	12.9	16.3	19.0	23.2	28.7	29.2	26.7	18.9	14.4	9.4	17.6

表 56 東京都の過去5年の平均湿度

東京(東京都) 相対湿度の月平均値(%)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年の値
2019	51	59	60	63	65	81	89	80	79	80	69	66	70
2020	65	55	65	66	75	82	89	76	83	75	65	61	71
2021	57	49	62	60	73	77	83	80	82	76	65	60	69
2022	52	53	63	75	75	77	79	79	81	75	70	60	70
2023	55	54	68	62	72	80	72	78	80	67	66	59	68

スピーカーから出力された音声の減衰要因として、「空気吸収」と「距離減衰」が挙げられる。

気温、湿度等で空気の粘性が変わり減衰量が季節に応じて変化する。その減衰の程度は周波数に依存し、これを「空気吸収」と言う。

また、出力された音は空気中のあらゆる方向へ広がっていく性質を持つため、音のエネルギーは音源から離れるほど小さくなり、これを「距離減衰」と言う。

周波数強調による改善施策は、「空気吸収」による冬の高周波域の減衰を改善することで、了解度の向上に貢献する。

### 2.4.2.1. 空気吸収の影響

遠距離ほど減衰量は増加し、冬は高周波域が夏に比べて大きく減衰する。

【距離毎の空気吸収 東京都 1月】

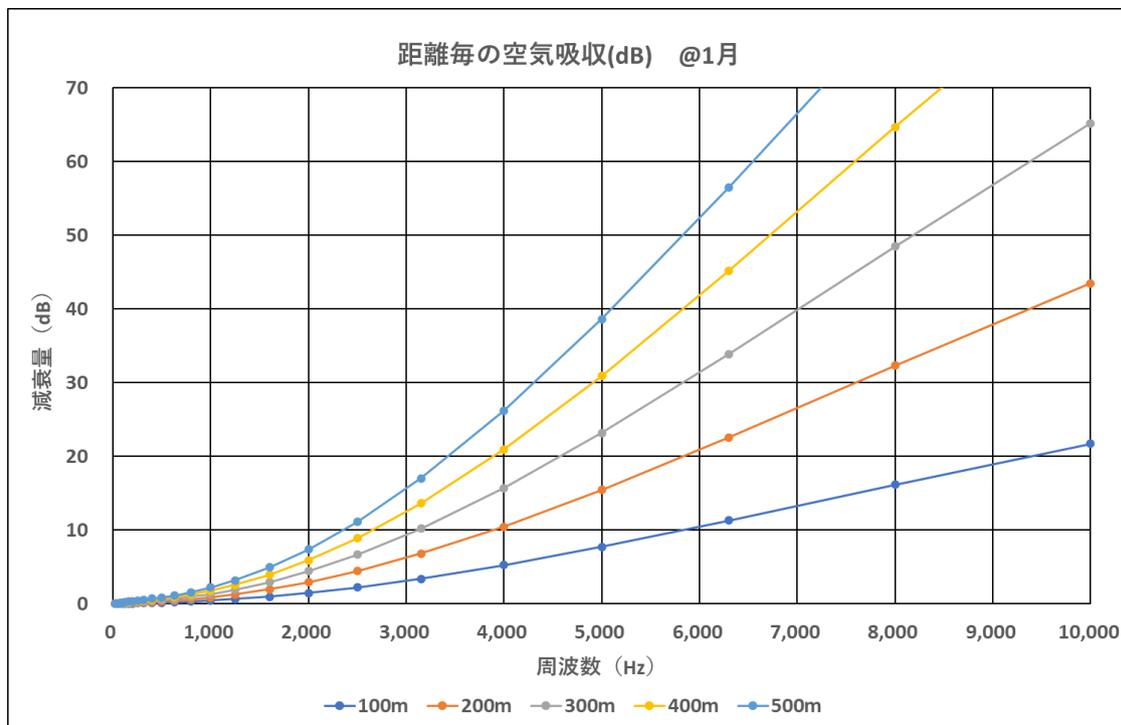


図 305 距離毎の空気吸収による減衰量の試算結果【1月想定】

【距離毎の空気吸収 東京都 8月】

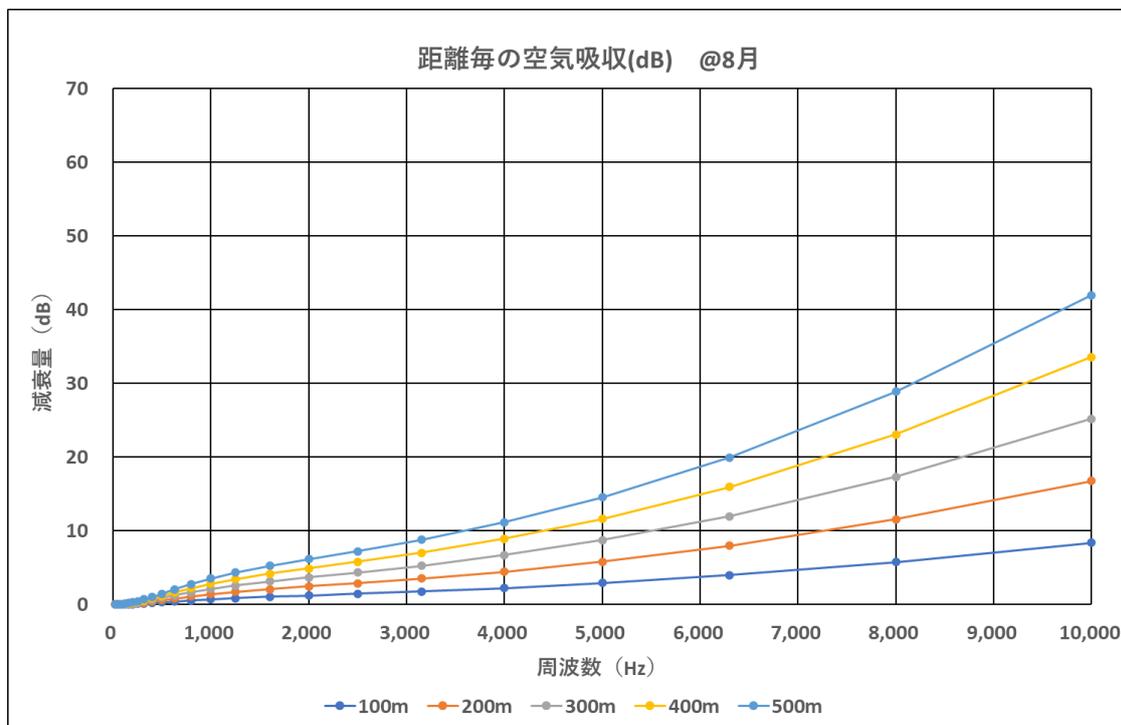


図 306 距離毎の空気吸収による減衰量の試算結果【8月想定】

## 2.4.2.2. 距離減衰の影響

### 【距離減衰】

距離減衰は、周波数に依存せず、距離に応じて減衰する。近距離での減衰量の変化が大きくなる。

聴取点においては、「距離減衰」+「空気吸収」による減衰が生じる。

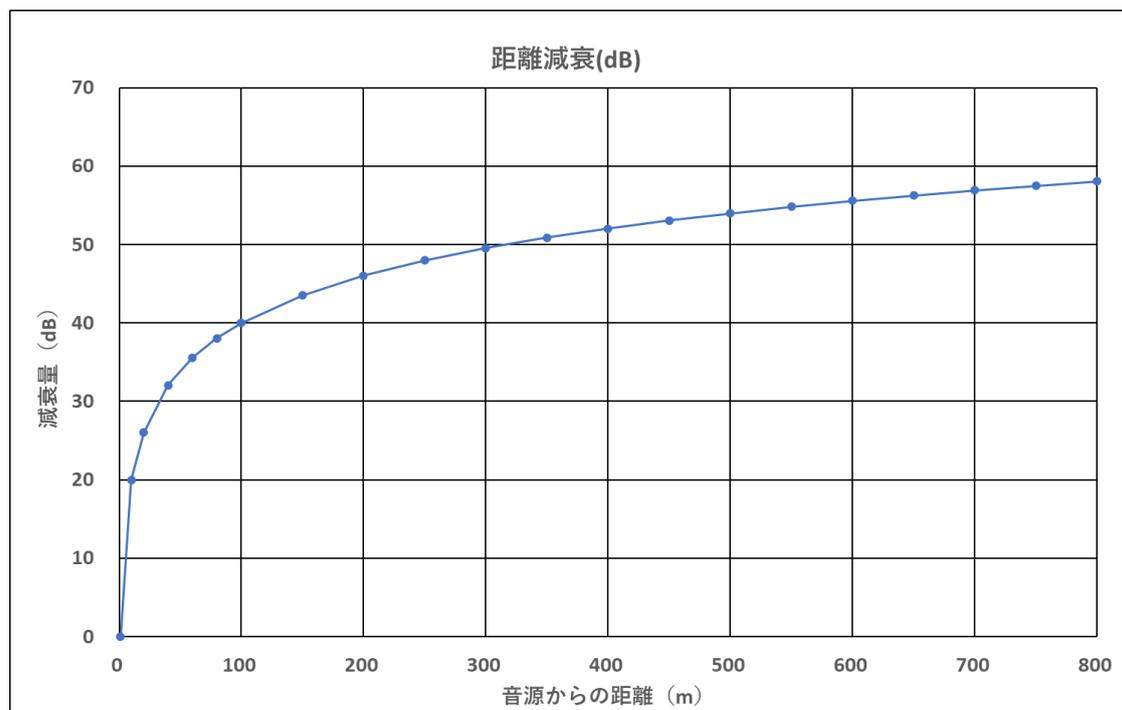


図 307 距離減衰

## 第2章 屋外スピーカーの機能強化（音達範囲向上等）について

### 1. 音達範囲向上等に有効な手法

今回の実証実験及び検討により、屋外スピーカーの音達範囲向上等には下記①～③の手法が有効であることが示された。手法①～③はそれぞれ単独でも改善効果があり、最も高い改善効果が得られるのは、手法①～③の全てを適用した場合であった。

手法① 高性能スピーカーの導入

手法② 了解度改善機能を有する音声合成技術（音合強調）

手法③ 了解度改善機能を有する子局設備の導入（子局強調）

なお、上記のように住民への防災情報の確実な伝達のため、防災行政無線の機能強化を行う場合は、「防災行政無線の機能強化に関する緊急防災・減災事業債の対象事業の拡充について」（平成31年2月19日付け消防情第29号）のとおり、緊急防災・減災事業債の対象とされている。

### 2. 音達範囲向上等に有効な手法の詳細について

屋外スピーカーの音達範囲向上に有効な手法①～③の詳細については下記のとおりである。

#### 手法① 高性能スピーカーの導入

スピーカーを従来型から高性能型に変更するだけで、下記の実験結果の通り、中長距離（約300m～）や悪天候下での音達（了解度）が改善することから、高性能スピーカーの導入は非常に効果的な改善策である。

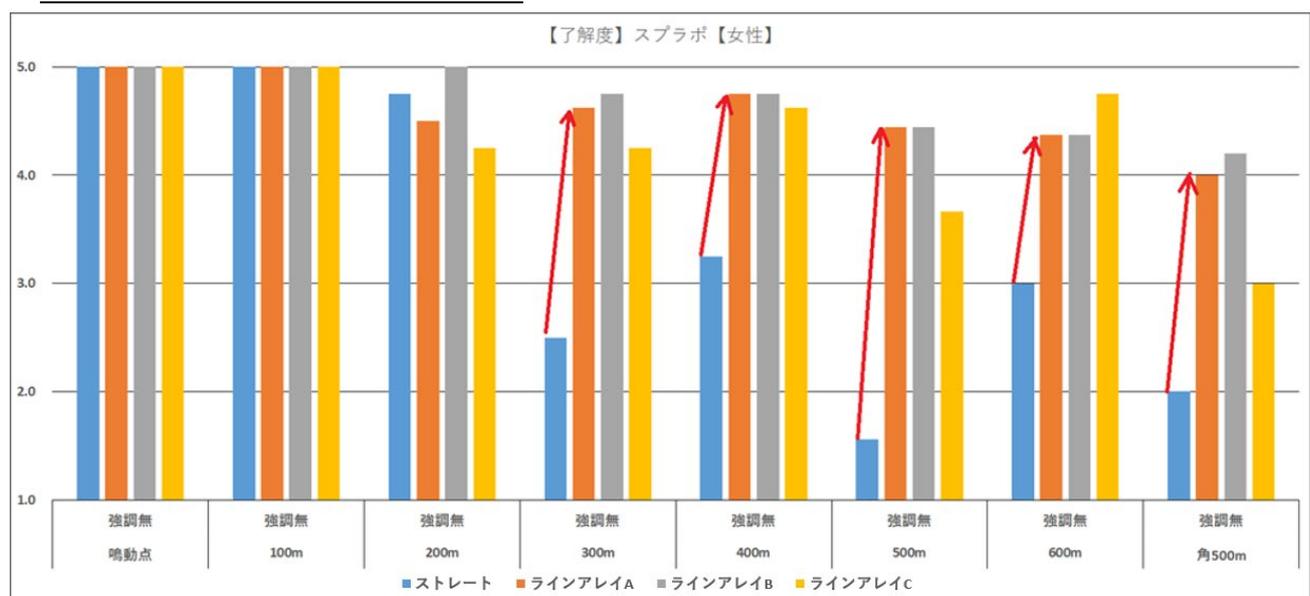


図 308 中長距離での了解度改善例（図 27 再掲）

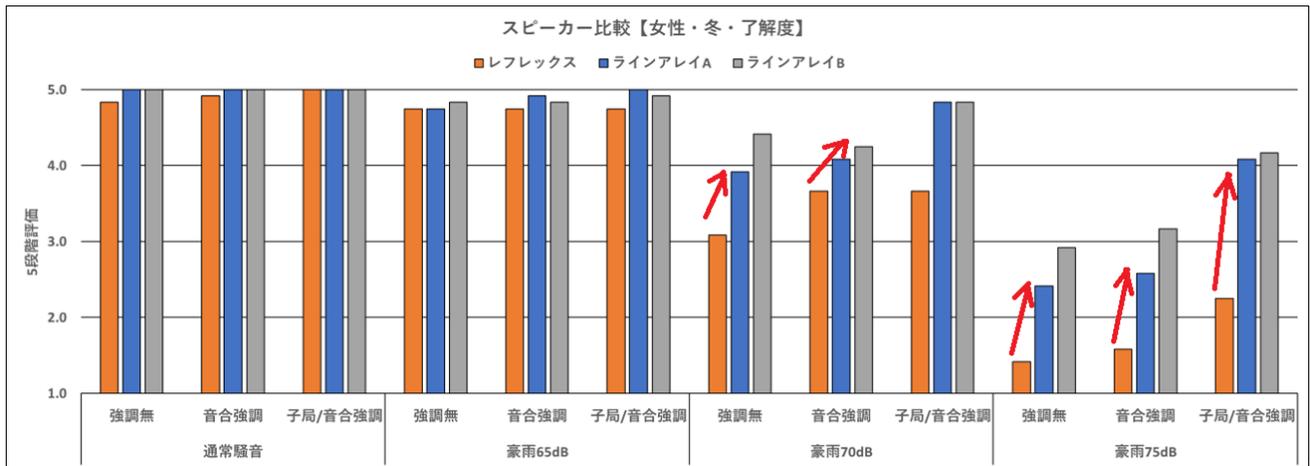


図 309 悪天候下（豪雨下）での了解度改善例（図 54 引用）

実証実験では、ユニペックス株式会社及び TOA 株式会社の出力 30W の高性能スピーカーを使用した。スピーカーメーカーからは様々な仕様の高性能スピーカーが提供されている。必要な音達条件（出力電力、音圧、角度等）や、設置条件（寸法、質量等）は自治体や設置場所によって異なることから、事業者とよく相談の上、地域の実情に応じた最適なスピーカーを選定することが望ましい。

一般的に、高性能スピーカーは従来型のスピーカーと比べて高価であるが、災害情報伝達を特に確実に行うべき地点のスピーカーのみ入れ替えるなどにより、効率的な整備を行うことが望ましい。

## 手法② 了解度改善機能を有する音声合成技術（音合強調）

実証実験では、特定周波数域を強調することにより、了解度を改善する機能を有した音声合成として、株式会社エーアイの音声合成技術を使用した。

これは、操作卓で合成される音声のうち、放送する際に減衰しやすい特定の周波数帯の音を強調することにより、より聞き取りやすい放送を行うものである。

操作卓に既に一般的な音声合成の機能を導入済みの場合は、その機能を改修するだけで、全屋外子局に対する音達（了解度）改善が可能である。この手法②は、スピーカーや子局といった設備を個々に改修しないため、手法①③に比べ安価に導入できる。

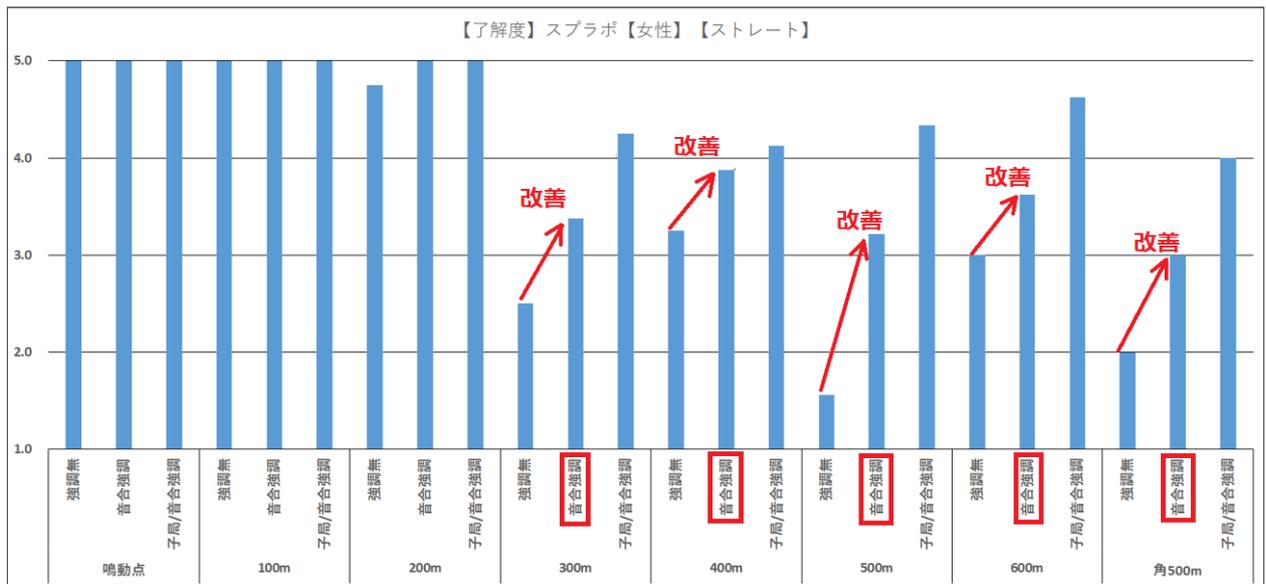


図 310 音声合成の周波数強調による了解度改善例 (図 22 引用)

「か」・「さ」・「た」・「は」行の子音は無声子音と呼ばれ、2kHz～4kHz 前後の高い周波数域で振幅(音の大きさ)が小さいが、音声の聞き取りやすさに大きく貢献する。しかし、高い周波数の音は空気吸収で大きく減衰するため、距離が離れると無声子音が小さくなり了解度が低下する。そこで、特定の周波数域を強調することで、無声子音が強調され、了解度改善が見込まれる。

下図は音声合成や子局で適用される周波数強調のイメージ図である。

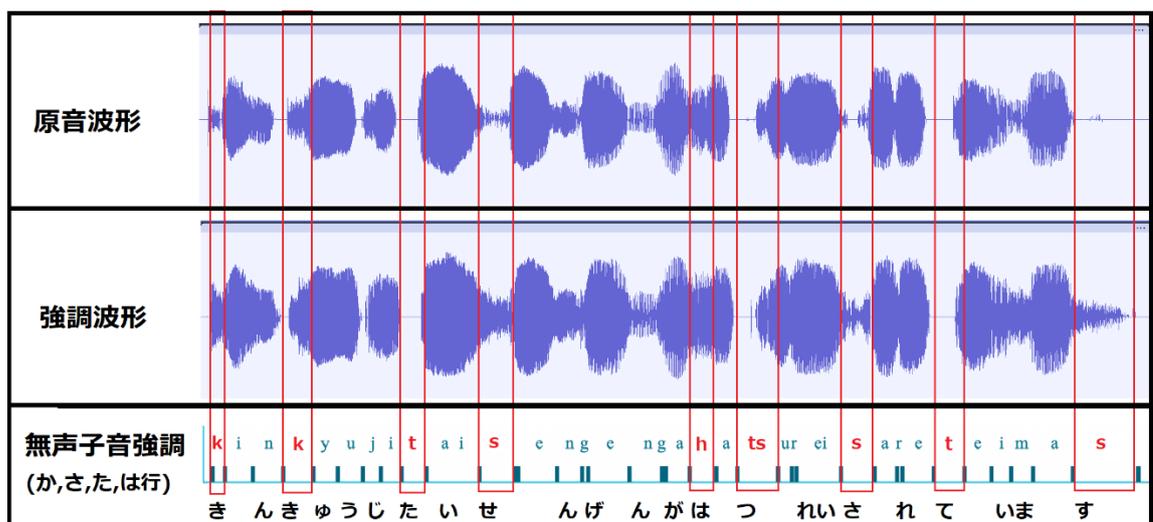


図 311 周波数強調イメージ

音声合成の周波数強調の導入イメージを下記に示す。操作卓の放送用音源について、周波数強調に対応した音声合成を導入するだけで、放送聴取者の了解度が改善する。

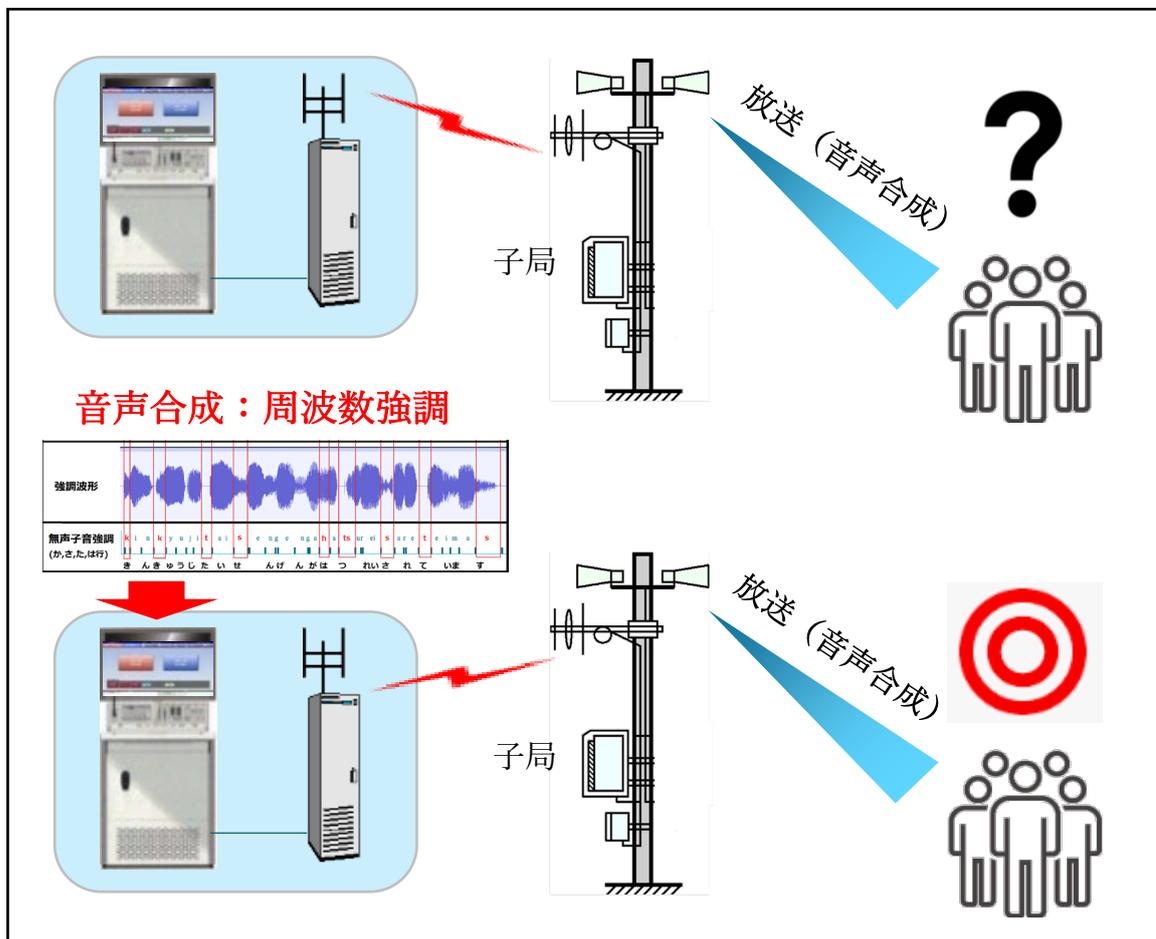


図 312 音声合成の周波数強調導入イメージ

同様の機能を有する音声合成は、従来型スピーカー、高性能スピーカーのいずれに対しても音達（了解度）改善効果があり、後述する手法③了解度改善機能を有する子局設備と併用した場合は、最も効果的な音達（了解度）改善が実現できる。

屋外スピーカーの整備・更新にあたっては、事業者とよく相談の上、同機能を有する音声合成を導入することが望ましい。

### 手法③ 了解度改善機能を有する子局設備の導入（子局強調）

実証実験では、特定周波数域を強調し、了解度を改善する機能を有した子局の設備として、株式会社富士通ゼネラルの了解度向上技術搭載子局を使用した。

これは、操作卓ではなく屋外スピーカーの子局において、特定の周波数帯の音声の強調を行うものである。

防災行政無線は無線方式として、ARIB STD-T115 等で規定される狭帯域デジタル方式が採用されている。狭帯域デジタルは無線伝送速度が低速であるため、音声データを無圧縮では伝送できず、圧縮する必要がある。音声データを圧縮（CODE）、伸長（DECODE）する処理を音声コーデック（CODEC）と呼ぶ。

音声コーデックはデータ量削減の為に聴感に大きな影響がない範囲で音声データの一部（高域周波数）を削減する。併せて拡声放送は空気吸収の影響も受けるため、高域周波数が更に減衰し、スピーカーから距離が離れるほど音達（了解度）悪化への影響が大きくなる。

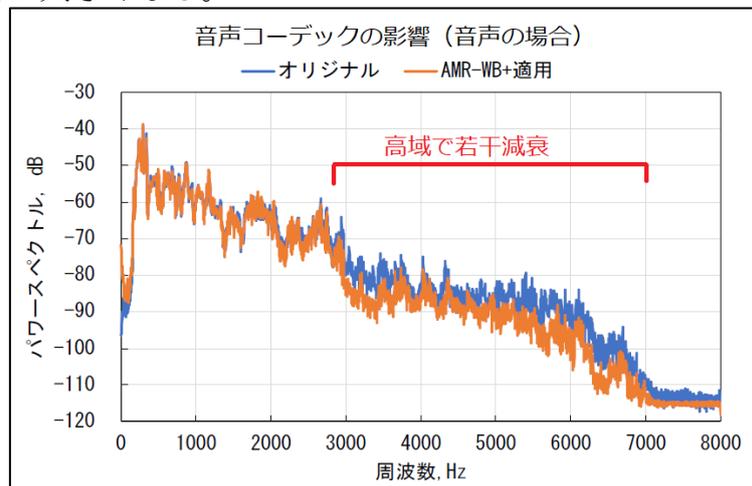


図 313 音声コーデックによる高域周波数減衰例（図 12 再掲）

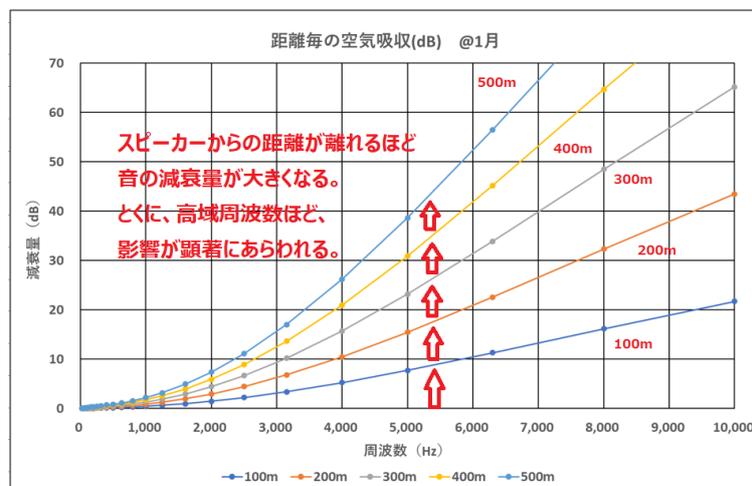


図 314 空気吸収による高域周波数減衰例（図 305 引用）

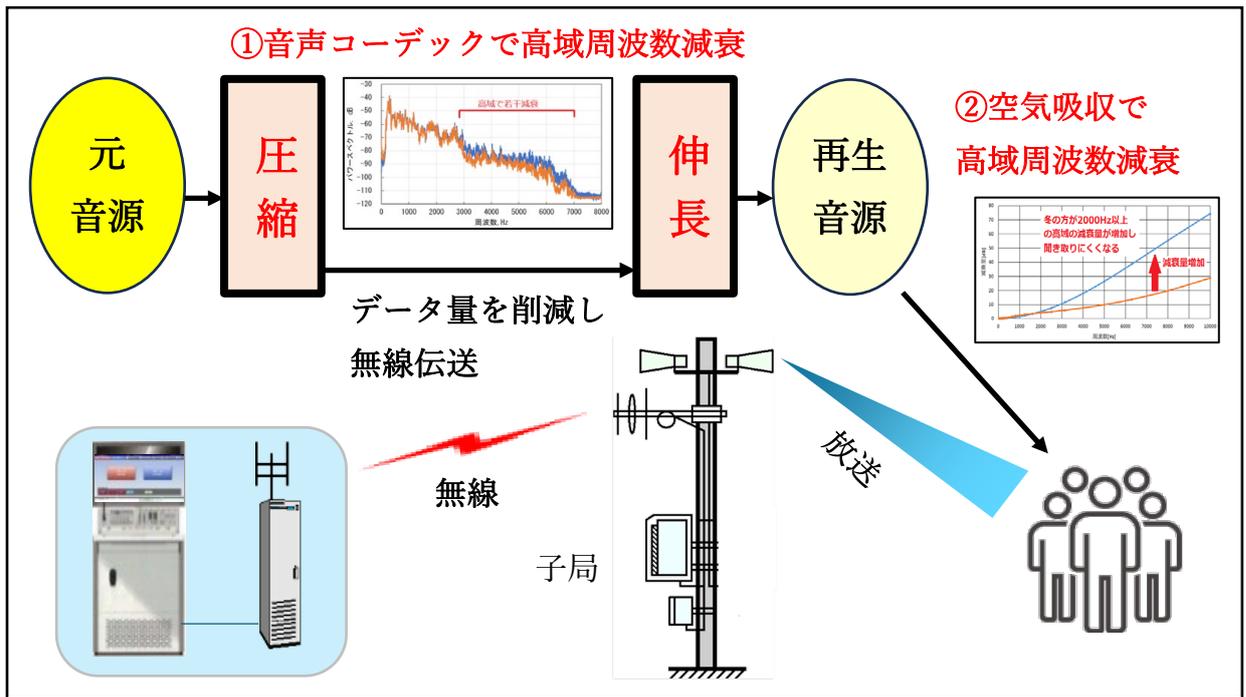


図 315 高域周波数の減衰要因

上記問題の対策としては、音声コーデック通過後の子局設備で特定周波数域の強調を行うことが有効であり、同機能を有する子局設備の導入が望ましい。また、同様の機能は特定の企業に限らず、複数の企業から提供されている。

同様の機能を有する子局は、従来型スピーカー、高性能スピーカーのいずれに対しても音達（了解度）改善効果がある。更に、上述した手法②了解度改善機能を有する音声合成と併用した場合は、最も効果的な音達（了解度）改善が実現できる。

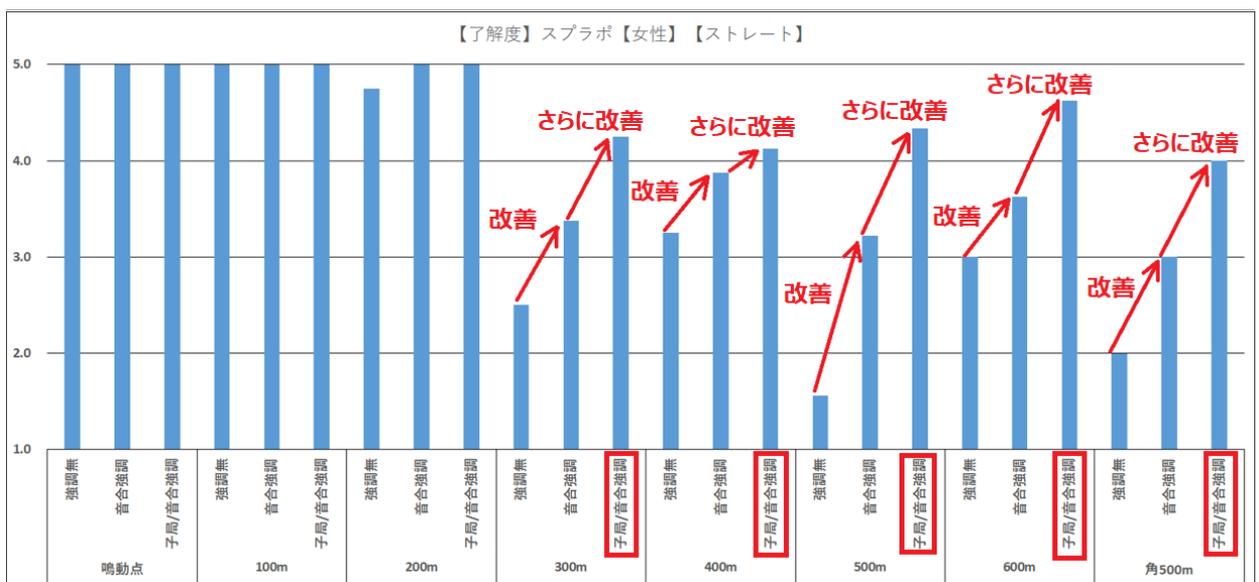


図 316 子局と音声合成の周波数強調併用による了解度改善例 (図 22 引用)

屋外スピーカーの整備・更新にあっては、事業者とよく相談の上、同機能を有する子局設備を導入することが望ましい。

なお、手法②又は③を導入した場合、スピーカーから近距離（200m以内）で放送音声の自然さが低下する可能性があるため、注意が必要である。

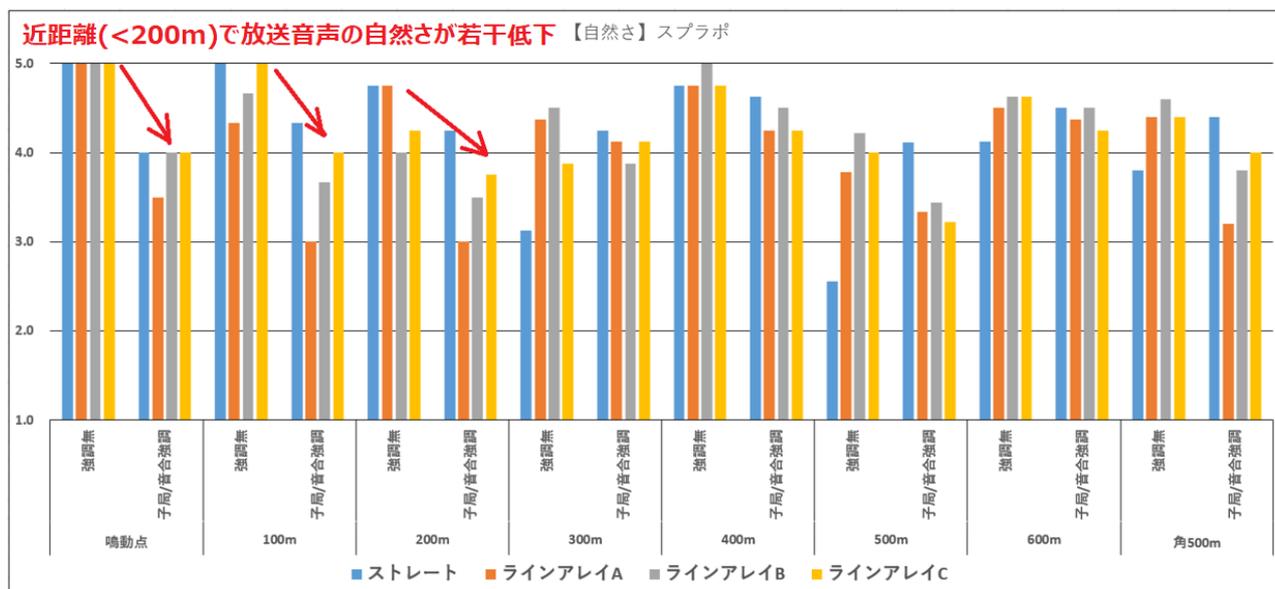


図 317 近距離における周波数強調での自然さ低下例 (図 25 引用)

### 3. 机上検討及び無響室実験を踏まえた補足

机上検討で示した通り、冬は夏に比べ高域周波数が大きく減衰し、了解度が低下する。今回の第二回、第三回実証実験は10月、11月に実施しており、気象条件としては冬に近く、より了解度が低下しやすい環境であったと考えられるが、周波数強調による了解度改善の効果を確認することができた。一方で、夏に冬同様の強調を行うと自然さが低下する可能性がある。

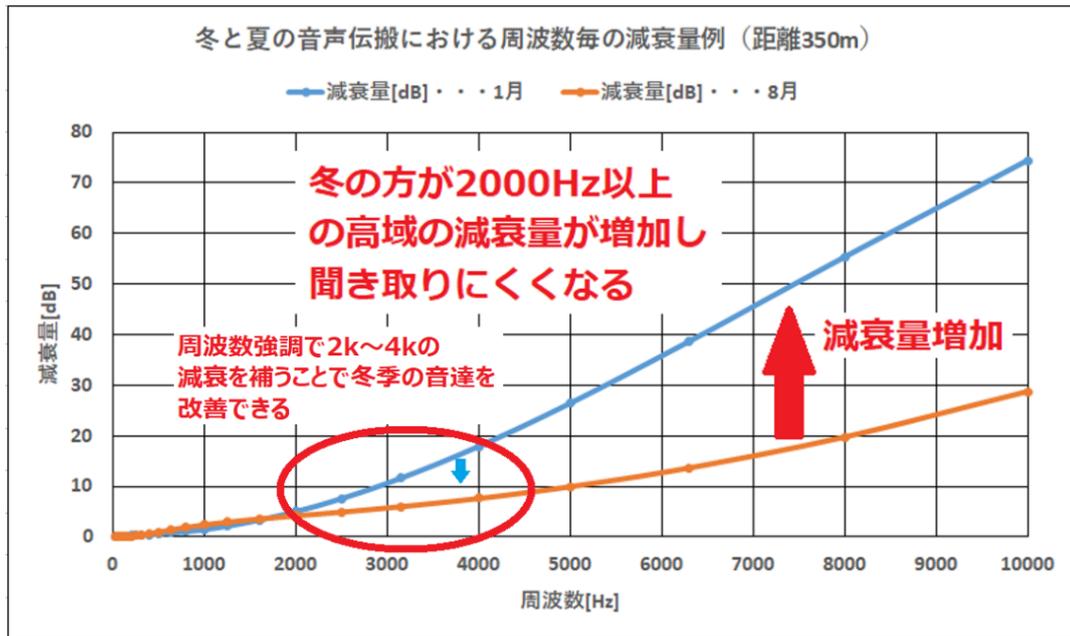


図 318 冬と夏の高域周波数の減衰量比較 (図 41 引用)

無響室での豪雨騒音下での聴感評価では、豪雨騒音レベルを 65dB、70dB、75dB と変化させ、周波数強調の改善効果を確認した。70dB や 75dB と騒音レベルが高い場合には、聞き取りにくかった音声周波数強調で聞き取れるようになり、自然さが向上した。しかし、通常騒音時や騒音レベルが低い場合に周波数強調を適用すると自然さが低下する可能性がある。

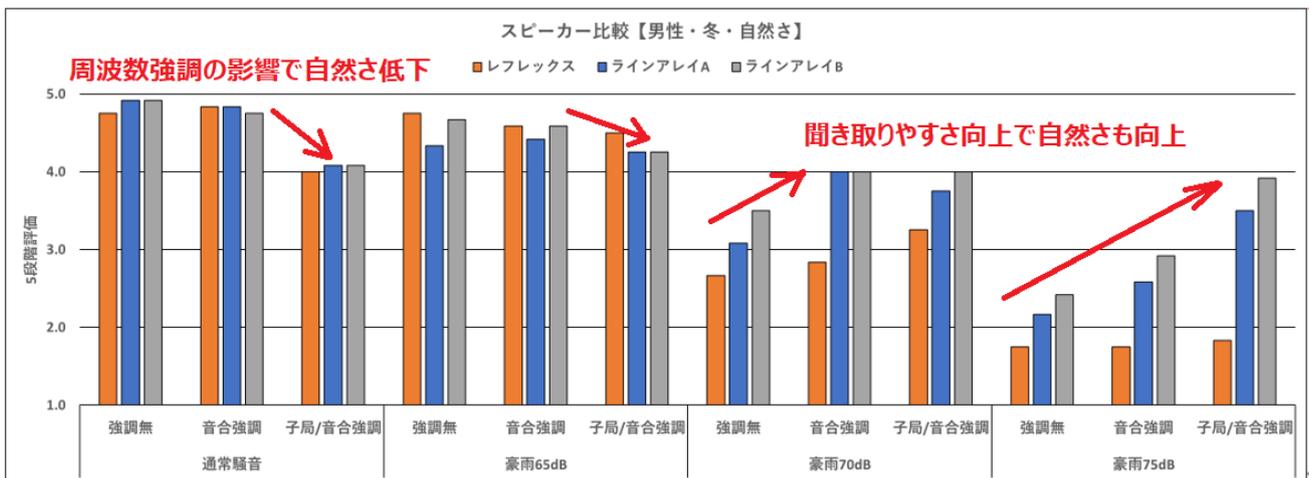


図 319 豪雨下 (冬) での自然さ比較 (図 57 引用)

こうした事態を回避するための方策としては、事業者と相談の上、気象条件やスピーカー特性等に応じて周波数強調の適用有無や強弱を制御する機能を有する操作卓設備を導入することなどが考えられる。

#### 4. コスト等を踏まえた導入について

屋外スピーカーの音達範囲向上に有効な手法①～③の導入にあたっては、既設設備の仕様、改修に係る費用、音達を改善したい範囲など、考慮すべき条件が多々存在する。特に導入に係るコストは、屋外スピーカーの整備に当たって考慮すべき重要な条件である。

以下、主にコストに注目して、各手法の導入の考え方を示す。

##### ・手法①を導入

既設の従来型スピーカーを高性能スピーカーに入れ替えることにより、了解度改善が見込まれる。コスト等の理由により、全スピーカーの入れ替えが困難な場合は、特に優先して屋外スピーカーによる放送の強化を図るべき地域（土砂災害警戒区域、高齢者・障害者が集住している地域、など）を選定し、当該地域に放送を行うスピーカーのみを入れ替えることが効果的である。

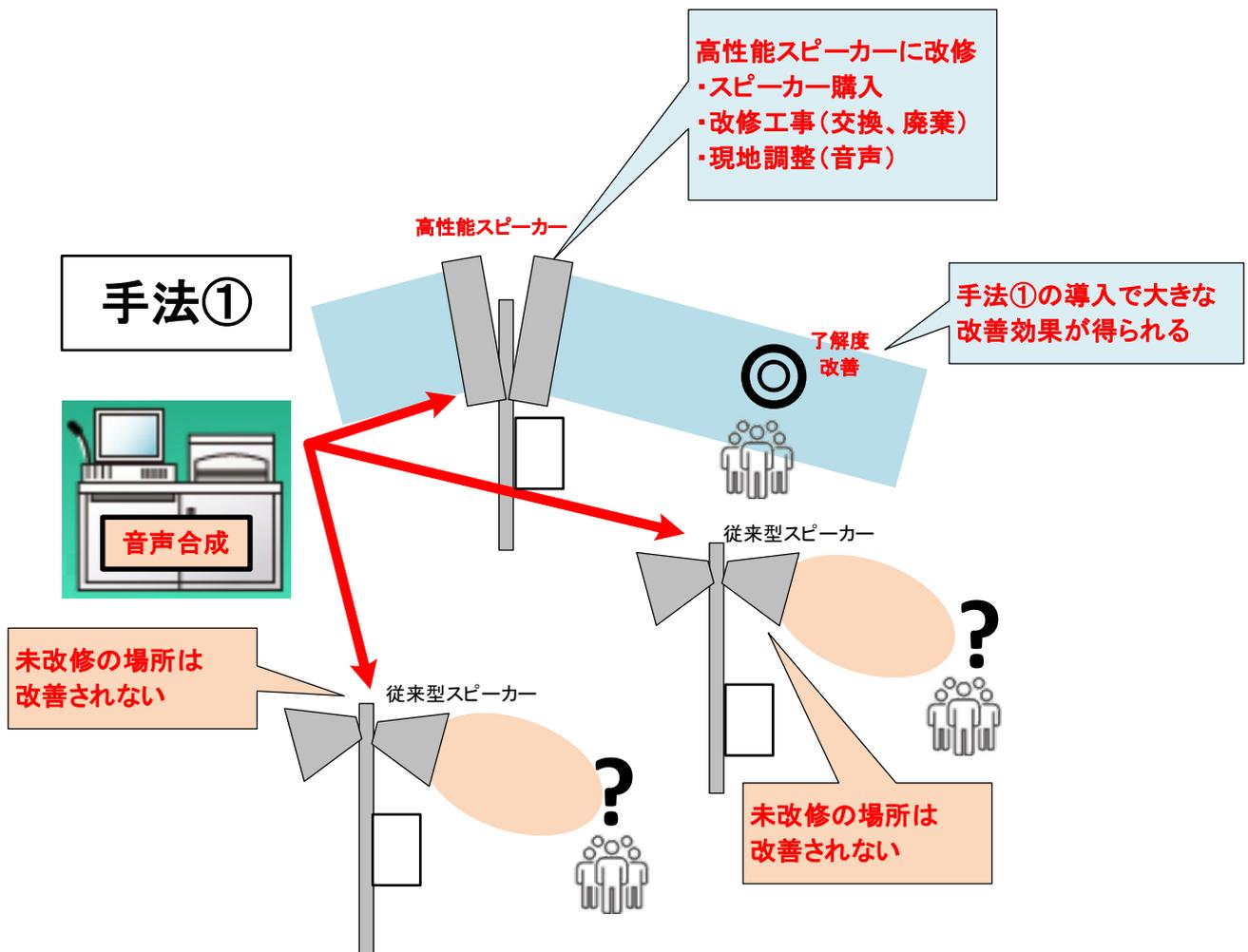


図 320 手法①の導入イメージ

図 321 に示す通り、従来型スピーカーを高性能スピーカーに置き換える手法①により了解度改善が見込まれる。

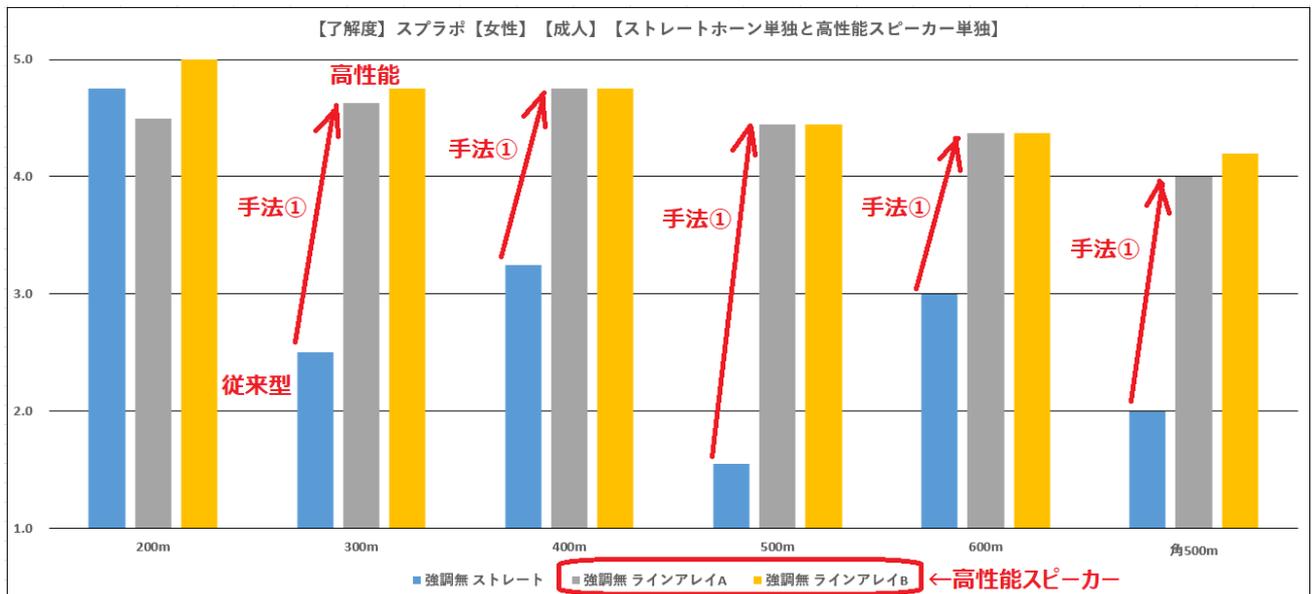


図 321 手法①による了解度改善例

・手法②を導入

手法②は、操作卓の音声合成機能の改修（主としてソフトウェア改修）を行うだけで、子局設備等の改修を行うことなく、全子局・全スピーカーで音達改善効果が得られる。手法①③と比較すると導入が容易であると言える。

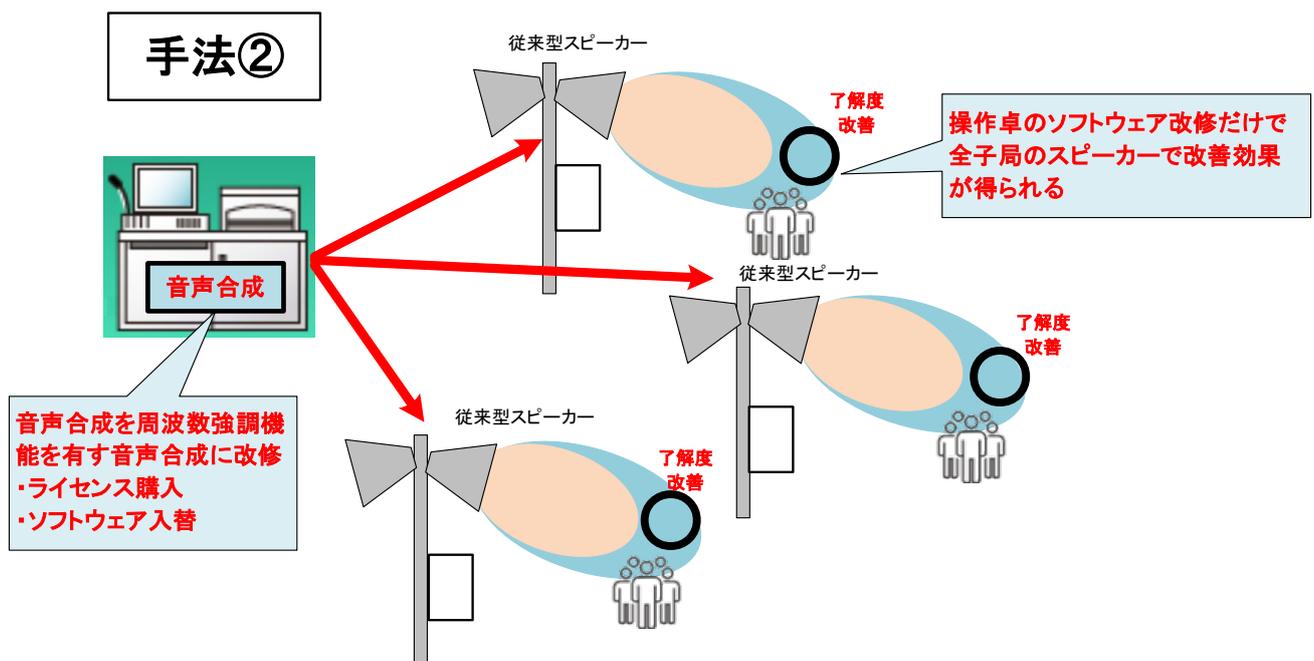


図 322 手法②の導入イメージ

図 323 に示す通り、操作卓の音声合成を改修する手法②により、従来型スピーカーでも了解度改善が見込まれる。ただし、図 322 のとおり、今回の実験結果をもとに比較すると、手法①の方が、より改善効果が高いと考えられる。

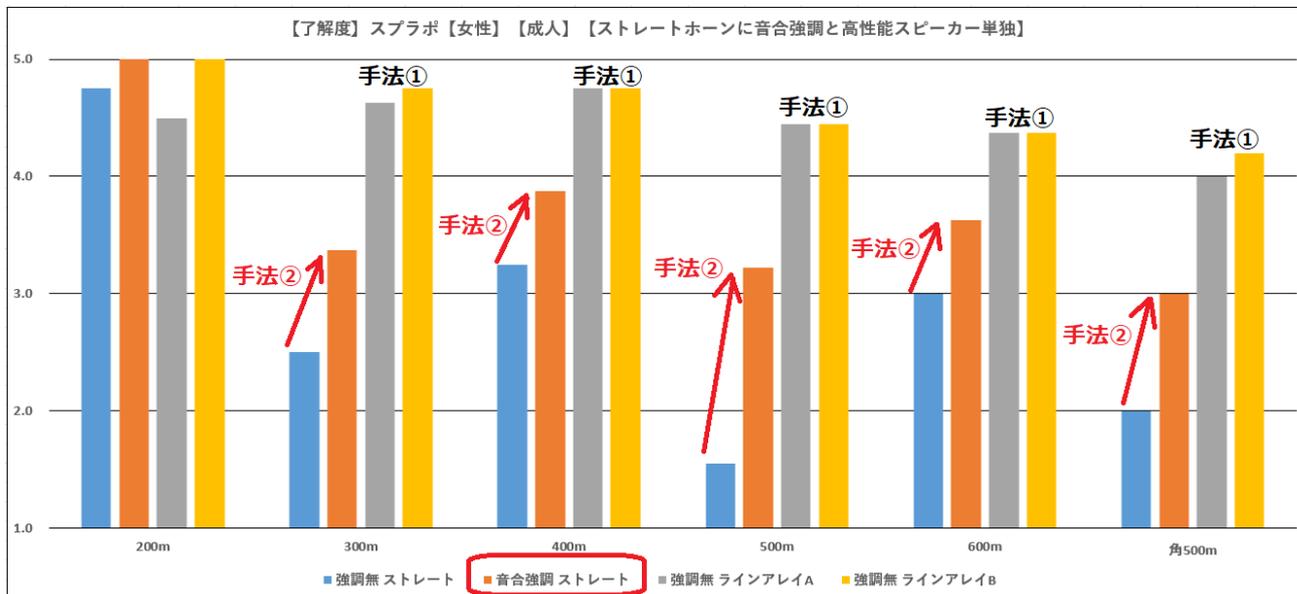


図 323 手法②による了解度改善例

### ・手法③を導入

手法③により子局を改修すれば、同子局に接続される全てのスピーカーで改善効果が得られる。手法②のみ導入する場合に比べ、無線区間のコーデックによる高域周波減衰を補うことができる。

特に、1つの子局に複数のスピーカーを設置し、複数方向に放送を行っている場合には効果的な手法である。コスト等の理由により、全子局の改修が困難な場合は、特に優先して屋外スピーカーによる放送の強化を図るべき地域を選定し、当該地域に放送を行う子局のみを改修することが効果的である。

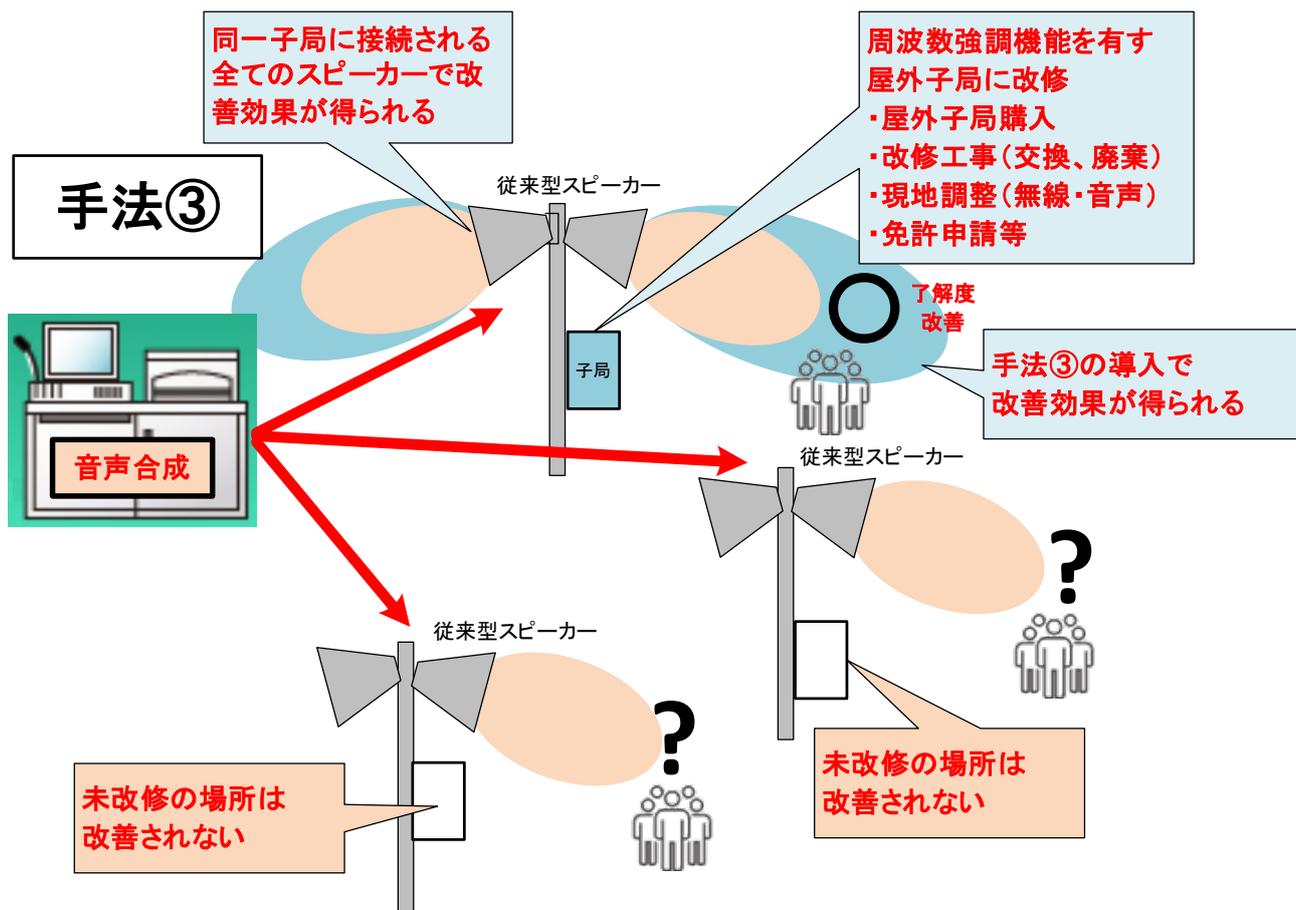


図 324 手法③の導入イメージ

今回の実証実験においては手法③のみ導入した場合の了解度評価は未実施であるため、参考として STI 評価結果を、図 325 に示す。

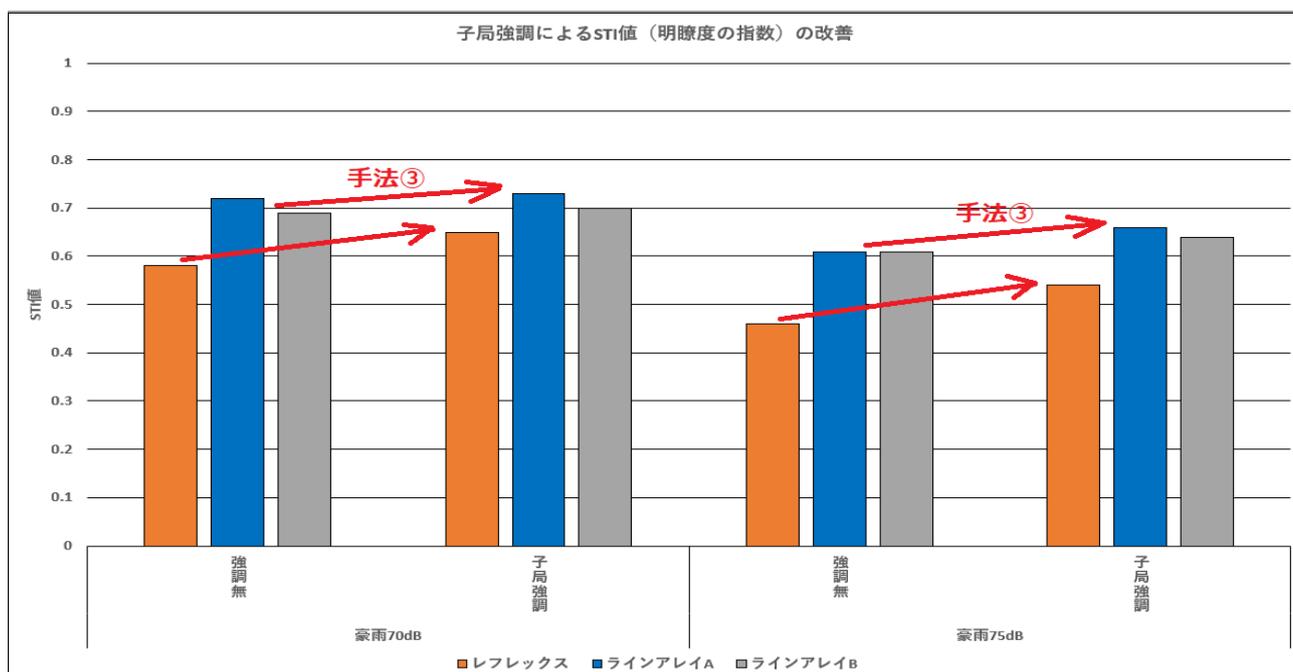


図 325 手法③による STI 改善の例

・手法①②③の組み合わせ、または全てを導入

必要に応じて、手法①②③のうち複数の手法を組み合わせると、了解度改善効果はより高くなる。また、手法①②③を全て導入すると、最大の改善効果が得られる。

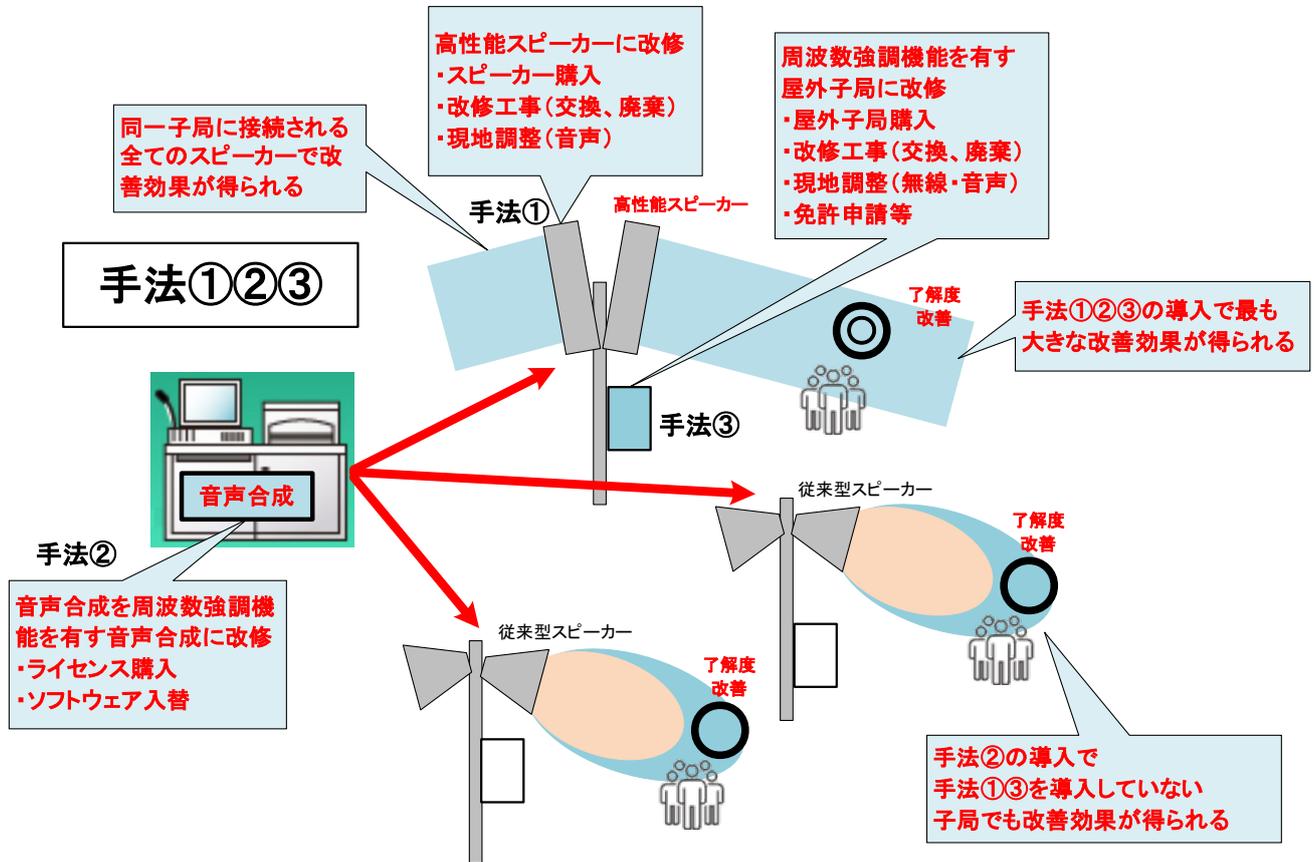


図 326 手法①②③併用の導入イメージ

図 327 に手法①②③を全て適用した場合の改善例を示す。大きな改善効果が得られる手法①単独よりも、更に改善する。

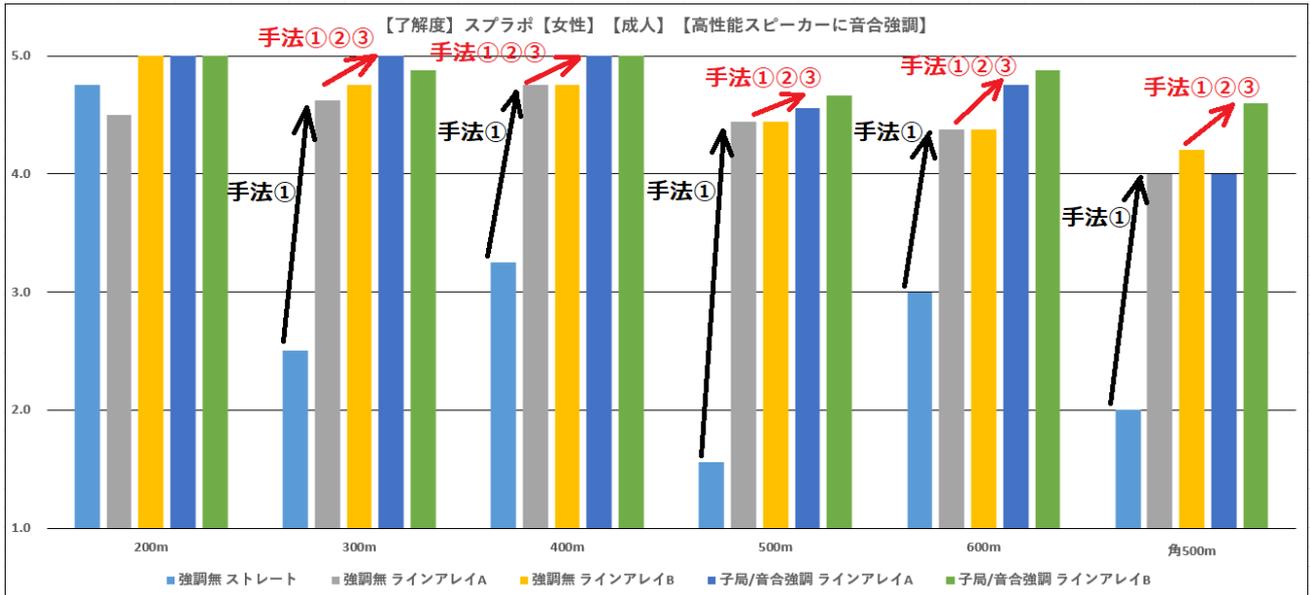


図 327 手法①②③併用による了解度改善例

より少ない費用で行うことができる導入としては、手法②を導入しつつ、特に優先して屋外スピーカーによる放送の強化を図るべき地域を選定し、当該地域に放送を行う設備については手法①③を適用するといった方策が考えられる。

### 第3章 今後の課題

#### 1. 実証実験で明らかになった課題

今回の実証実験で明らかになった課題を以下に示す。

##### (ア) 高齢者は音量が小さくなると急激に聞こえにくくなる恐れがある

今回の実証実験では、高齢聴取者に対して、各種の改善施策による了解度改善の効果が見られたものの、屋外スピーカーから離れた場所や屋内等で放送の音量が小さくなると、高齢聴取者にとっては急激に聞こえにくくなる傾向が見られた。特に今回の実証実験における屋内での評価は、屋外スピーカーからの距離が約 120m と比較的近距离の建物で実施したが、一般成人の了解度に比べ、高齢者の了解度は非常に低い結果であった。

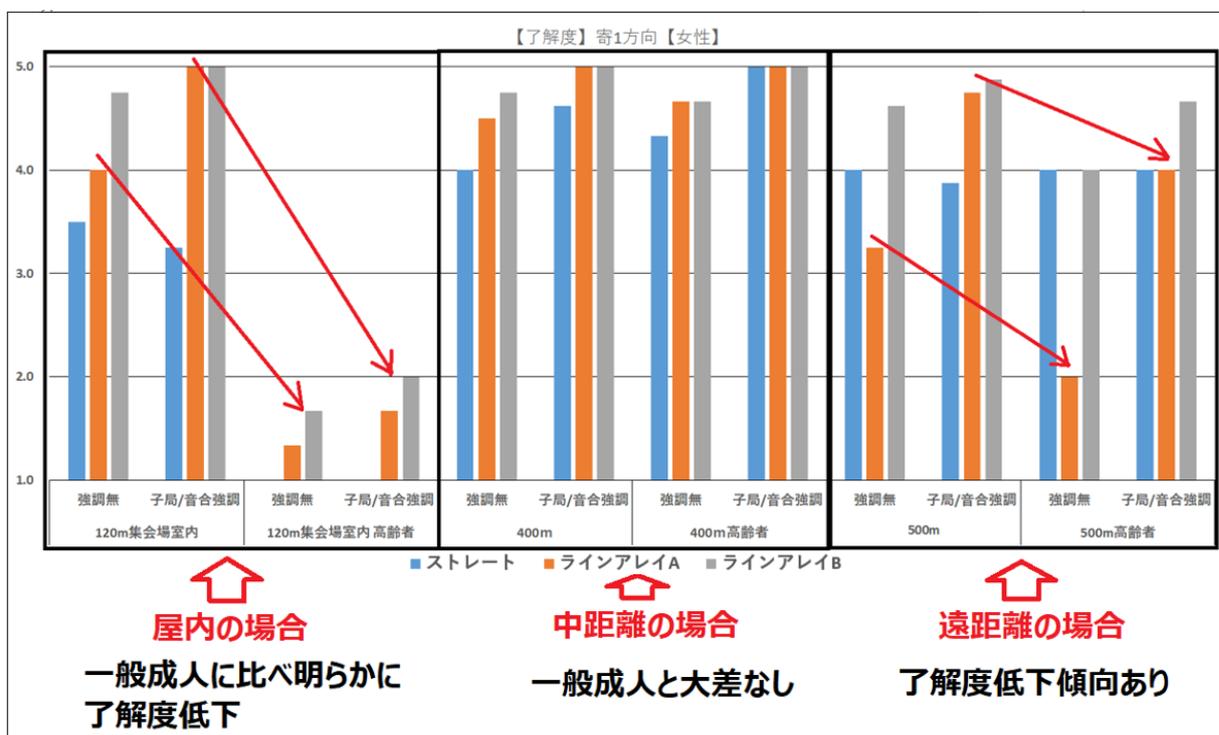


図 328 一般成人と高齢者の了解度比較例 (図 32 引用)

屋内評価の際の音量を下記に示す。

【音量レベル】 集会場屋外：50～60dB、集会場屋内：35～40dB※

※数値と実際の音声のイメージ

30dB (ささやき声)、50dB (小さな声)、60dB (通常の声)

【騒音レベル】 集会場屋外：41dB、 集会場屋内：22dB

【S/N 比】 集会場屋外：9～19dB、 集会場屋内：13～18dB

今回の実証実験では一つの地点における高齢評価者の人数に限りがあり、統計的有意性のあるデータ取得には至らず、傾向性の確認に留まっているため、より詳細な調査実施が望ましい。

いずれにせよ、屋内等では屋外スピーカーからの放送音声の音量低下は免れない。特に高齢者に対しては、戸別受信機等の屋内拡声機器を併用して災害情報を伝達することが望ましい。

#### (イ) 無響室実験において再現した暗騒音と、屋外における騒音の違い

第一回実証実験において 350m 離れの聴取点を再現したところ、豪雨時暗騒音(65～75dB)環境下で放送を聞き取ることが出来た。一方、第二回実証実験において鳴動点から 500m 離れた地点では、71dB 程の「川の水音」や「道路沿いの交通騒音」によって、放送を聞き取ることが出来なかった。

無響室での実験と屋外における実験とで、騒音の影響に違いが生じていることが分かる。このような違いが生じる理由として考えられるものに「地表面の反射」がある。屋外では地面で音が反射され、騒音の影響が強くなる可能性がある。草地・アスファルトなどによっても影響は異なると考えられる。

無響室と屋外での試験結果の差異を生じさせる、これらの要因についても考慮する必要がある。

#### (ウ) 男女話者による了解度の違い

今回の実験で用いた音声合成では、女性話者の方が全ての試験で高い了解度が得られた。一方で、一部市町村からは、「防災行政無線の音声は女性の声に代わり、前より聞き取りにくいと感じる。音がぼやけてはっきり聞き取りにくい。」といった意見もあることが委員より指摘されている。

検討会においては下記①～④のとおり複数の見解が示されており、男女話者の違いを含めた聞こえやすい音については、更なる議論が必要である。

- ① 一般に女性は男性に比べて声量が小さい傾向にある。今回の実験では男女ともに合成音声を使用した。実際に自治体職員が放送する場面では声量の違いが影響するのではないか。
- ② 一般に女性は男性よりも母音をはっきりと発音する傾向にあり、その影響が考えられる。
- ③ 実験で使用した屋外スピーカーについて、そもそも低周波数帯の音が大きく再生されていない可能性があり、今後の分析において考慮すべき。

- ④ 一般に女性の声は男性に比べて高い。実際の放送において「男性の方が聞き取りやすい」という意見があったのであれば、女性の声については低周波数帯を強調することが有効かもしれない。

(エ) 周波数強調を行うと、近距離で自然さが劣化する場合がある

気象条件等の了解度悪化要因に対して、周波数強調による改善施策は非常に効果がある。一方で、改善施策を適用すると、主に近距離において放送音声の自然さが損なわれる場合がある。

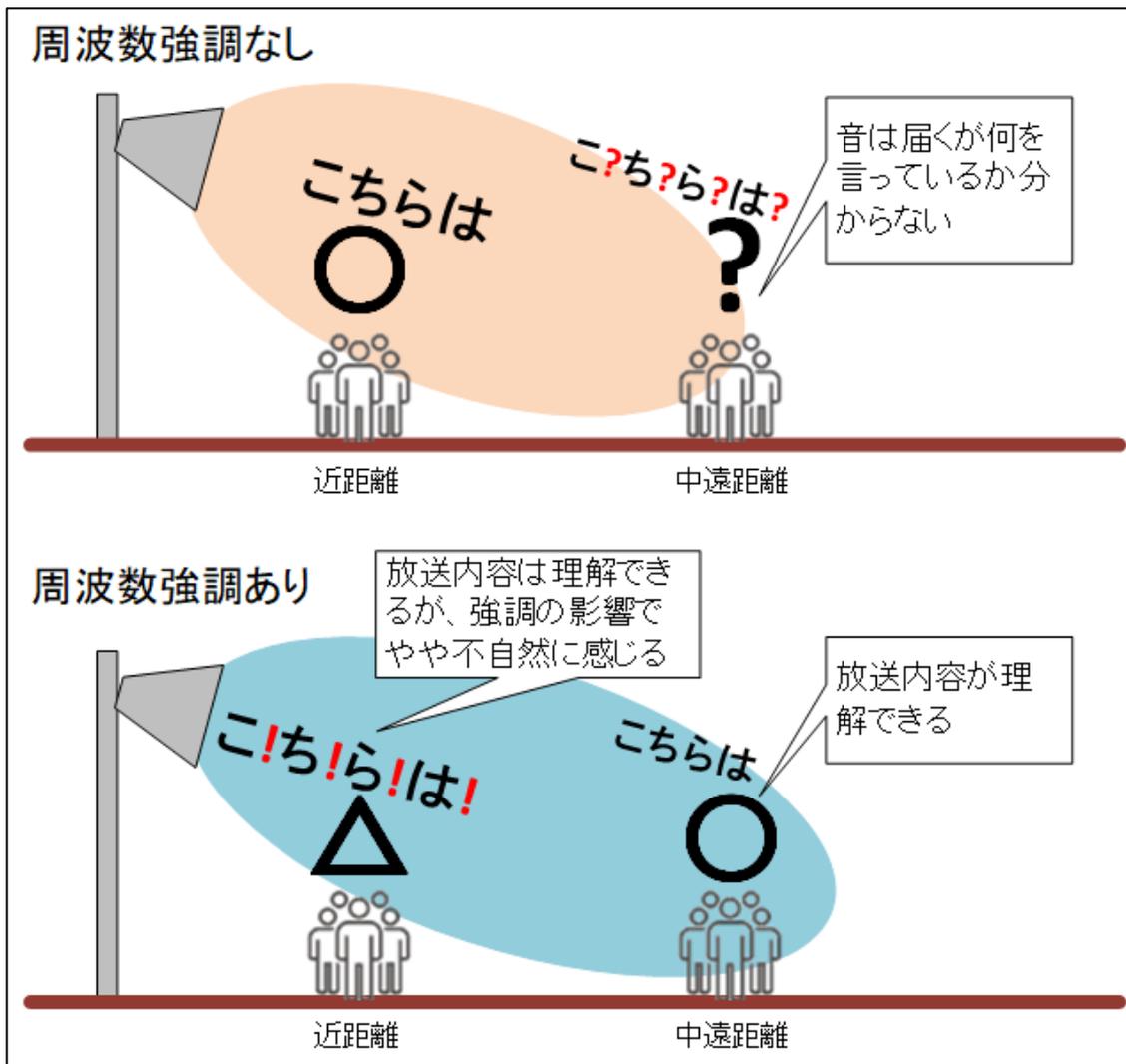


図 329 周波数強調時の近距離での自然さ低下イメージ

放送の内容や環境条件等に応じて、改善施策の適用 ON-OFF や周波数強調の強弱を行うなど、運用上の工夫が求められる。

### (オ) 操作卓での読み上げ放送に対する改善施策適用の効果検討

今回の実証実験では、音声合成の音源による放送に対して「音合強調」を行い、明確な了解度の改善が見られた。同機能は既設の操作卓に対して容易に導入が可能であるが、実際の災害対応にあつては、操作卓から、音声合成の音源による放送の他にも、自治体職員の読み上げによる放送も行われている。

読み上げ放送の了解度を向上させる場合も、「音合強調」と同様に、周波数の強調による了解度改善機能の導入が効果的と予想される。

ただし、必ずしも職員による読み上げ方式が否定されるわけではないものの、音声合成による音声にはノイズが含まれていないが、マイクから入力される肉声にはノイズが含まれるため、ノイズも周波数強調されるという課題がある。

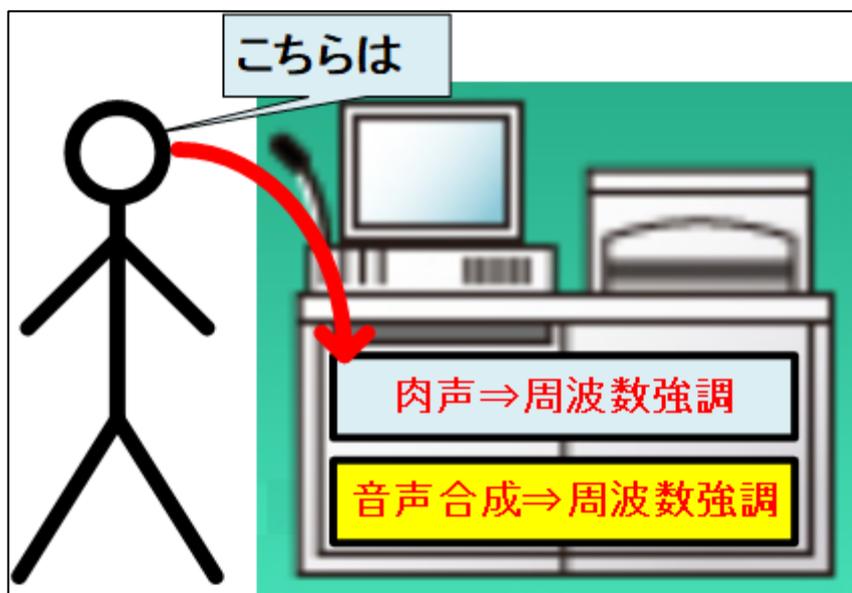


図 330 操作卓で肉声にも周波数強調を適用するイメージ

## 2. その他の検討すべき課題

今回の実証実験では検討出来なかったが、検討会では、その他にも複数の課題が提起されている。

### (ア) 防災放送の話速の「理解度」「緊急性」への影響

防災放送の話速に関しては、検討会内だけでなく、各自治体においても住民から様々な意見が寄せられている。

(住民からの代表的な意見)

- ① アナウンスがゆっくり過ぎて聞きにくい
- ② 言葉の間に時間をおいて区切るのは良いが、肝心のアナウンスの口調が早くて聞きにくい
- ③ アナウンスが遅くて切迫感がない

言葉の間に時間を設けることはエコー等の干渉を避けるために必要であり、またアナウンスが早すぎても遅すぎても、「理解度」「緊急性」に影響を及ぼす。

様々な状況を踏まえた、最適な防災放送の話速についても考慮する必要がある。

### (イ) 隣り合う屋外スピーカー間での干渉による音達への影響

複数の屋外スピーカーからの音が干渉し、遅れて聞こえることで放送が非常に聞きづらくなることがある。自治体内のある地域から別の地域へ順次、時間差をつけて放送を行うことで干渉を回避するという方法もあるが、この方法は平時の行政放送には有効であっても、緊急時において全ての住民に迅速に情報を伝える必要がある、災害情報伝達には適さない。

干渉については屋外スピーカーの種類や設置条件、地形や音源（話速・性別・音量等）など様々な要因が影響しあうため、解決に向けた指針などが求められる。

### (ウ) IoT等の活用による安価な放送鳴動確認方法の検討

災害時においては屋外スピーカーから実際に放送がなされることが重要であるが、屋外スピーカーが本当に鳴動したかどうかについては、職員が現地に赴いて確認するしかないのが現状である。子局のアンサーバック機能による確認には限界があり、職員の負担軽減や確実な情報伝達を実現するためにも、今後はIoT等を活用し「屋外スピーカーが本当に鳴動した」ことの確認、及び情報収集を行うなど、安価に実現可能な対策が求められる。